

Faragó Tibor

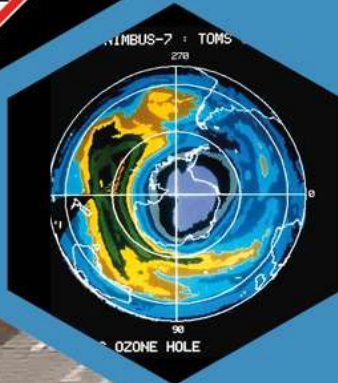
PLANETÁRIS KÖRNYEZETÜNK VESZÉLYEZTETÉSE ÉS MEGMENTÉSE

Mérgező
nehézfém
örökségünk

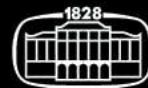


Veszélyes
szennyező
anyagaink

Kikezdett
ózon-
pajzsunk



Túlhevülő
közös
üvegházunk



AKADÉMIAI KIADÓ

A Kiadó által megjelentetett e-könyv: <https://akademiai.hu/ptudx00416-planetaris-kornyezetunk-veszelyeztetese-es-megmentese.html> (DOI: 10.1556/9789634548751). A nyomtatásban közreadott könyv: ISBN 978-963-454-900-0 B5-formátumban 344 oldal. Ez a szerzői változat a Kiadó hozzájárulásával elérhető az MTA, az ELTE, a BCE e-könyvtárában (repozitórium): <http://real.mtak.hu/161139/> http://real.mtak.hu/161139/1/Planetaris_kornyezetunk-Farago_Tibor.pdf <https://edit.elte.hu/xmlui/handle/10831/85753/> <http://unipub.lib.uni-corvinus.hu/7961/>

A borítón látható illusztrációk a könyvben részletesen bemutatott, globális jelentőségű témaköröket jelképezik:

- ◆ a Calderoni cég XIX. századvégi higanyos légsúlymérője (ELTE TTK meteorológiai múzeum; a szerző felvétele);
- ◆ a környezetre és az egészségre veszélyes anyagok szimbólumai (ENSZ Globálisan Harmonizált Rendszer; GHS-7-8-9);
- ◆ az Antarktisz feletti „ózonlyuk” (1986-os műholdas felvétel, ami megerősítette az 1984. évi felfedezést);
- ◆ egy forró napot illusztráló fotó (a szerző óbudai felvétele: 2017. augusztus 3.)

PLANETÁRIS KÖRNYEZETÜNK VESZÉLYEZTETÉSE ÉS MEGMENTÉSE

MÉRGEZŐ NEHÉZFÉM ÖRÖKSÉGÜNK, VESZÉLYES SZENNYEZŐ ANYAGAINK, KIKEZDETT ÓZONPAJZSUNK, TÚLHEVÜLŐ KÖZÖS ÜVEGHÁZUNK

Faragó Tibor

Természeti környezetünkre sokféle emberi tevékenység van hatással. A környezetkárosító folyamatok, az emberi egészségre és általában véve az élővilágra gyakorolt ártalmas visszahatásai az elmúlt egy évszázadnyi időszakban globális szintűvé váltak. Közös planetáris otthonunkat növekvő mértékben kezdte veszélyeztetni más behatások mellett a toxikus nehézfémek, a veszélyes vegyi anyagok és hulladékok által okozott környezetszennyezés, az ózonkárosító anyagok és az üvegházhatású gázok kibocsátása. Következményeik a jelenlegi és a jövő nemzedékek életét, életminőségét is súlyosan érintik. A kötetben bemutatjuk e környezeti problémák kialakulását, felismerésük történetét, az ezekkel foglalkozó nemzetközi tudományos és politikai együttműködés fejlődését. Áttekintjük a különböző programokat és megállapodásokat, értékeljük azok hatékonyságát és levonjuk a jövőre nézve is legfontosabbnak tartott tanulságokat.

Tartalom

Előszó.....	3
Bevezetés: környezetünk veszélyeztetésének globalizálódása	5
Növekvő beavatkozás a természet rendjébe, kezdeményezések a tiszta környezetért ..	5
A környezetterhelő kibocsátások és a környezetpolitikai válaszok	13
1. Mérgező örökségünk: a toxikus nehézfémek	23
1.1. Az ólom és a higany ártalmainak félreismerése, majd felismerése	24
1.2. Nemzetközi szakmai-tudományos együttműködés	32
1.3. A „méregtelenítés”: a nemzetközi programok és megállapodások.....	36
1.4. Megválnak végre a toxikus nehézfémek felhasználásától?	46
1.5. Következtetések és tanulságok.....	55
2. Veszélyes szennyező anyagaink szerte a világban	59
2.1. A környezetszennyezés, a hulladékprobléma globalizálódása	60
2.2. Veszélyes hulladékok és hatásai	64
2.3. Nemzetközi hulladékkereskedelem.....	75
2.4. Szennyező anyagok nemzetközi területeken.....	81
2.5. Átfogó globális programok	96
2.6. Következtetések és tanulságok.....	102
3. Kikezdett ózonpajzsunk: a sztratoszféráig elérő kockázatos hatásaink	107
3.1. Az ózonréteg jelentőségének és veszélyeztetésének felfedezése.....	108
3.2. Meg kellene menteni az ózonpajzsot?.....	117
3.3. Az ózonkárosításnak véget kell vetni: a nemzetközi jogi eszközök	127
3.4. Az együttműködés hatékonysága: megmenekül az ózonréteg?	137
3.5. Következtetések és tanulságok.....	140
4. Túlhevülő közös üvegházunk: a globális éghajlatváltozás	145
4.1. Globális éghajlatmódosítás: feltevés, kétely, bizonyosság	146
4.2. Az éghajlati rendszer megfigyelésének és vizsgálatának nemzetközi keretei .	159
4.3. Nemzetközi klímapolitika: elvek, célkitűzések, vállalások	166
4.4. A megállapodások és végrehajtásuk korlátozott elégségessége	175
4.5. Következtetések és tanulságok.....	178
Epilógus.....	183
Hivatkozások.....	186
Rövidítések.....	212

ELŐSZÓ

„*Aerem corrumpere non licet.*” – *A levegőt szennyezni nem szabad.* Így szólt a Római Szenátus mintegy két évezrede alkotott törvénye, ami annak felismeréséből fakadt, hogy az ókorban a városiasodással, a használati tárgyak előállítására szolgáló műhelyek szaporodásával a mindennapi élet részévé vált az emberi egészséget és az épületeket károsító szennyezett levegő.

A problémakör összetettsége, térbeli kiterjedtsége különösen az ipari forradalom kezdete óta jelentősen növekedett, de ahogyan e kötet elolvasása után is láthatjuk, planetáris környezetünk veszélyeztetése mellett – tudományos ismereteink bővülése, valamint a nélkülözhetetlen nemzetközi politikai együttműködés kibontakozása mentén – annak megmentése sem lehetetlen küldetés.

Faragó Tibor évtizedek óta foglalkozik e témakörrel, számos nemzetközi szervezettel kapcsolatos együttműködésben is részt vett Magyarország képviseletében. Így nemcsak a jelenünk és jövőnk szempontjából meghatározó planetáris környezeti állapot alakulásának természeti törvényeit, hanem az arra ható emberi tevékenységek szabályozásának rendkívül összetett folyamatait is részleteiben ismeri. Kötetében a tágabban értelmezett témakör már globális szinten is különösen kritikussá vált négy környezetterhelési ügyét ismerhetjük meg.

A szerző a toxikus nehézfémek közül a környezeti és egészségi ártalmak szempontjából a legfontosabbakkal, az ólommal, a kadmiummal és a higannyal foglalkozik részletesen. Bemutatja az emissziós folyamatokat, az eddig megismert legsúlyosabb károkozásokat, valamint a használatuk és környezeti kibocsátásaik csökkentését célzó nemzetközi egyeztetések nehézségeit és eredményeit.

A globálissá vált hulladékprobléma kapcsán a hulladékképződés megelőzése, a hulladékok összegyűjtése és újrahasznosítása, valamint különösen a veszélyes hulladékok ártalmatlanítása folyamatában régióként és iparáganként eltérő, de számos területen hatékony, a fenntarthatóság irányába mutató megoldások és gyakorlatok születtek. A különböző nemzetközi megállapodásokban és programokban meghatározott célok, kötelezettségek, ajánlások, illetve eddigi végrehajtásuk összességükben mégsem lettek elégségesek a káros hatások teljes körű és jelentékeny mérséklésére.

A magasléghőmérsékletű ózon pótolhatatlan szerepet játszik a bioszféra létezésében, hiszen az élő szervezetekre halálos veszélyt jelentő UV-sugárzás jelentős részét elnyeli. Az ózonpajzs sérülése, elvékonyodása tehát katasztrofális következményekkel jár. Talán túlzás nélkül kijelenthetjük, hogy az ózonkárosító anyagok kibocsátásának korlátozására, megszüntetésére megtett beavatkozások az eddigi legeredményesebb

nemzetközi környezetvédelmi együttműködést jelentették. Habár e vegyületek évszázados nagyságrendű légköri tartózkodási ideje miatt a gyógyulási folyamat lassú, de ennek jelei már egyértelműen kimutathatók.

Az utolsó fejezetben a minden bizonnyal legösszetettebb, legnagyobb jelenkori kihívást jelentő környezeti problémakörrel, az éghajlatváltozás okaival, következményeivel és az éghajlati rendszerre ható emberi tevékenységek nemzetközi szabályozásának lehetőségeivel, nehézségeivel ismerkedhetünk meg. Ebben az esetben is alapvető fontosságú a megelőzés, azaz mindenekelőtt a feltárt, a környezetre veszélyes hatású beavatkozások csökkentése, lehetőség szerinti megszüntetése. Ezzel párhuzamosan lényeges a környezeti feltételekben már elkerülhetetlen változásokra, főként a káros vagy akár pusztító hatásúakra történő felkészülés, vagyis az alkalmazkodás. Ma már jól tudjuk, hogy ez utóbbinak megvannak a maga korlátai, így a gyorsuló és súlyosbodó környezeti változásokhoz egyre nehezebben és csak korlátozott mértékben tudunk majd alkalmazkodni.

Faragó Tibor tartalmas és olvasmányos kötetét e szaktudományi témákkal ismerkedők és az azokban már jártasabb olvasók mellett mindazoknak is ajánlhatom, akik érdeklődnek jelenkorunk legfontosabb környezeti problémáinak értékelése, lehetséges kezelési folyamatai iránt.

Bozó László akadémikus,
az MTA Földtudományok Osztályának elnöke

Köszönetnyilvánítás. A szerző köszönetét fejezi ki az Akadémiai Kiadónak a kötet „befogadásáért” és köszönet illeti a Kiadó munkatársai közül mindenekelőtt Vajda Lőrincet és Thimar Mártát, – akik támogatása nélkül nem készülhetett volna el e kiadvány –, továbbá azokat a számomra ismeretlen munkatársakat, akik figyelmes nyelvi lektorálással és grafikai tervezéssel járultak hozzá a kötet véglegesítéséhez. A szerző külön köszönettel tartozik a két szakmai lektornak, továbbá Bozó László akadémikusnak, aki a fenti előszóban összefoglalta és méltatta a könyv tartalmát. Akárcsak a 2022-ben megjelent „környezeti globalizációs” könyvem esetében, ezúttal is köszönöm Csobod Évának a kézirattal kapcsolatos értékes tanácsait és ismételten hálával emlékezem a néhai Láng István akadémikusra, az MTA korábbi főtitkárára, aki a legfőbb tanítómesterem volt a globális jelentőségű környezettudományi és környezetpolitikai témakörökben. A társadalmak életkörülményeit, környezeti feltételeit jelentősen érintő folyamatokra és teendőkre tekintettel, az ebben a kötetben bemutatott ismeretek és tanulságok is mindenkinek a figyelmébe ajánlhatók, és különösen a jövő nemzedékek képviselőinek, köztük Tamásnak, Hangának, Lucának, Borsnak, Csongornak, Zsófinak, Tündének, Ádámnak, akik felcseperedését, a világgal való ismerkedését párommal együtt közvetlenül is a szívünkön viselhetjük.

BEVEZETÉS: KÖRNYEZETÜNK VESZÉLYEZTETÉSÉNEK GLOBALIZÁLÓDÁSA

„Civilizációinkat azért fenyegeti veszély, mert helytelenül használjuk a természeti erőforrásokat és megzavarjuk a természeti rendszereket. [...] A légköri folyamatokba való beavatkozás veszélyezteti azt az éghajlati rendszert, amelyhez az emberi és más életformák hosszú idő óta alkalmazkodtak. [...] súlyos károsodás érte a sztratoszféra ózonrétegét is. A levegő, talaj, édesvizek és az óceánok szennyeződése súlyos és állandó fenyegetéssé vált az ember és más fajok számára. Az emberiség okozza azt az arzén-, higany-, nikkel- és vanádiumkibocsátást, amely jelenleg megkétszerezi a természetes forrásokból származót. A cink-kibocsátás háromszorosan, a kadmiumé és az ólomé ötszörösen, illetve tizenhatszszorosan haladja meg a természetes szinteket. [...] Ha Földünkön gondoskodni kívánunk, sok teendőről kiderül, hogy globális természetű és így globális cselekvést igényel.”

IUCN-UNEP-WWF, 1991¹

NÖVEKVŐ BEAVATKOZÁS A TERMÉSZET RENDJÉBE, KEZDEMÉNYEZÉSEK A TISZTA KÖRNYEZETÉRT

Az emberi tevékenységek környezeti hatásai sokrétűvé és növekvő mértékűvé váltak az elmúlt évszázadok során, kiváltképpen az ipari forradalom korszaka óta, majd a globalizáció felerősödésével. E hatások felismerését, az ok-okozati összefüggések azonosítását, a lehetséges következményeik felmérését a környezeti megfigyelő rendszerek kiépülése, a társadalmi-gazdasági folyamatokat jelző adatok bővülése, a tudományos vizsgálatok előrehaladása, a kutatók tudományközi együttműködésének fejlődése tette lehetővé. A környezeti globalizáció történetét, helyzetét, a globalizációnak a közös környezetünket érintő hatásait, nemzetközi tudományos és politikai vetületeit átfogóan elemeztük és értékeltük előző kötetünkben². Ezúttal e tág témakör különösen kritikussá vált négy környezetterhelési ügyet vesszük sorra.³

A környezettel is kapcsolatos nemzetközi viszályok végigkísérték a társadalmak életét a történelem során. Ezek hosszú időn át bizonyos természeti erőforrások megszerzéséből, hasznosításából adódtak. Az erőforrások kitermelése, feldolgozása, felhasználása során és más emberi tevékenységekből adódóan létrejövő környezetkárosítás, -szennyezés által kiváltott konfliktusok jóval későbbi keletűek.

¹ [IUCN-UNEP-WWF, 1991: 4-5. o.; magyar kiadás, 1992: 10-11. o.]

² „Közös környezetünk és a globalizáció: árnyak és remények” (Akadémiai Kiadó) [Farágó, 2022]

³ E kötet azokat az ismereteket is tükrözi, amelyeket szerzője nemcsak a szakirodalomból, hanem akkor szerzett a „gyakorlatban” is, amikor az 1980-as évektől számára megadatott környezeti témakörű nemzetközi fórumokon való részvétel, majd bizonyos programok, megállapodások kidolgozásába való bekapcsolódás. Többek között részt vehetett a toxikus nehézfémek szabályozásával, a higanyegyezmény előkészítésével foglalkozó egyeztetéseken (UNEP, 2003-2009), a veszélyes vegyi anyagok és hulladékaik megfelelő kezelését előíró nemzetközi stratégia véglegesítésében (SAICM, 2006), az éghajlatváltozásról szóló egyezmény kidolgozásában és az előírásait szigorító tárgyalásokon, ill. konferenciákon (UNFCCC, 1991-2015), közreműködhetett a nemzetközi éghajlat- és ózonréteg-védelmi szabályozás egyes ellentmondásainak feloldásában (1993-1997). Ezekben a témákban is számos elemző tanulmánya jelent meg (1979-2022).

- Az erőforrás-szűkösségük vagy -többletigényük mellett egyéb tényezők is szerepet játszhattak abban, ha valamely államok szemet vetettek más államok fennhatósága alá tartozó természeti erőforrásokra vagy ki akartak sajátítani nemzetközi „közterületeket” – egyetlen állam fennhatósága alá sem tartozó területeket –, illetve ott fellelhető erőforrásokat. Az ebből keletkező érdekütközéseknek több évezredes története van és az erőforrás-konfliktusok sokszor nem éppen békés eszközökkel értek véget. Azóta is számos nemzetközi konfrontáció háttérében hasonló okok húzódtak meg [Westing, 1986⁴; Klare et al., 2011⁵]. A népességnövekedés, az erőforrások egyenetlen földrajzi eloszlása (termőföld, vasérc, kőolaj stb.), kereskedelmi problémák is hozzájárulhattak a feszültségek kiéleződéséhez [Homer-Dixon, 1994⁶; UNEP, 2009; Faragó, 2018].
- Az országhatárokon áttérjedő környezetszennyezésből fakadó államközi viták csak a 20. század elejétől kezdtek sokasodni. A szakirodalomban sokszor emlegetett korai konfliktus a kanadai Trail településen működő fémkohóból kibocsátott levegőszennyező anyagok által a közeli USA-térsgben az 1920-as évektől okozott ártalmak miatt alakult ki [UN, 2006⁷]. Ezt megelőzően a két ország közötti 1909. évi határvízi szerződés is hivatkozott már környezetszennyezésre, illetve annak elkerülésére [Hall, 2007⁸]. Másféle környezetterhelési ügyek később eskalálódtak és váltak regionális vagy akár globális szintűvé (pl. a „savas esőket” vagy az ózonréteg károsodását kiváltó kibocsátások).
- Az egymással több szálon összefüggő két környezeti problémakörrel – azaz a természeti erőforrásokkal és a környezetszennyezéssel – foglalkozó nemzetközi szabályozások részben eltérő alapelvekből kiindulva, más módon és ütemben fejlődtek [Redgwell, 2015⁹].
- Azon globális jelentőségűvé vált, emberi tevékenységekből származó környezetterhelő kibocsátásokról szólnak e kötet tematikus fejezetei, amelyekből adódó veszélyes hatások feltárását követően különböző – bár meglehetősen eltérő hatékonyságú – nemzetközi környezetpolitikai programok, megállapodások születtek.¹⁰

⁴ „The nations of the world interact with each other in their pursuit of external natural resources [...] in a bewildering variety of bilateral and multilateral ways. [...] At the negative extreme of these spectra of international and domestic interaction are found overt threats of aggression and, of course, the actual pursuit of war.” (5. o.)

⁵ „Competition for control over vital, valuable raw materials has been a source of violent conflict since prehistoric times. Conflict over resources, such as gold, silver, spices, furs, timber, and slaves, was especially prominent and violent in the colonial wars and interimperial clashes that culminated in World War I. [...] With the end of the Cold War, resource conflicts have again become prominent.” (1616. o.)

⁶ „Our research shows that environmental scarcity causes violent conflicts. [...] The degradation and depletion of environmental resources is only one source of environmental scarcity; two other important sources are population growth and unequal resource distribution.” (39-40. o.)

⁷ Trail Smelter Case

⁸ Boundary Waters Treaty (Article IV): „It is further agreed that the waters herein defined as boundary waters and waters flowing across the boundary shall not be polluted on either side to the injury of health or property on the other.” (695. o.)

⁹ „Early international regulation of environmental activities dealt with conservation of common property resources subject to over-exploitation and customary international law first developed to restrain State actions causing transboundary harm, primarily economic harm, in the territory of another State. [...] Given the wide range of environmental issues confronting humankind, many of which require a detailed, standard-setting regulatory response, it is not surprising that the vast bulk of international environmental law is found in tailor-made treaty arrangements. This is particularly so with respect to regulation of polluting activities likely to cause transboundary harm.” (12-13. o.)

¹⁰ Ilyen témakörökről szölt e kötet szerzőjének több publikációja (pl. Faragó, 1981, 1993, 2007: üvegházhatású gázok kibocsátása; 2013: globális hulladékáram; 2015: toxikus nehézfémek; 2016, 2017: az ózonréteg veszélyeztetése; 2016, 2018: nemzetközi klímapolitika; 2018, 2022 /3.1.1./: országhatárokon áttérjedő környezetszennyezés).

Az emberi tevékenységekből eredő környezetszennyezés gyorsan nőtt a mind kiterjedtebb és intenzívebb területhasználattal, a különböző természeti erőforrások növekvő hasznosításával párhuzamosan.

- A környezet fokozódó terhelése sokféle olyan szennyező anyagnak a környezetbe történő kibocsátását is jelentette, amelyek a kibocsátási forrásaiktól a légkör és a felszíni vizek (tengerek, nemzetközi vízfolyások) közvetítésével nagy távolságokra eljuthattak. Ez szerte a világban együtt járt a környezet állapotának, minőségének romlásával. A természetes szállító közegek mellett a nemzetközi kereskedelem, áruszállítás, közlekedés révén is mindenüvé elkerülhettek különféle környezetkárosító anyagok, köztük az emberi egészségre és az élővilágra veszélyes vegyi anyagok, hulladékok. E környezetterhelések növekedéséhez hozzájárult a „nem fenntartható” termelési eljárások és fogyasztási szokások nemzetközi terjesztése/terjedése.
- „Nagy felgyorsulásként” jellemezték a múlt század közepétől felerősödött társadalmi-gazdasági fejlődési folyamatot, és ez maga után vonta a természeti erőforrások kiaknázásának és a környezet szennyezésének a fokozódását [Steffen et al., 2004¹¹; Steffen et al., 2007¹²]. (A „nagy felgyorsulás” elnevezést a Karl Polanyi /Polányi Károly/ által a 20. századi globális piacgazdasághoz vezető „nagy átalakulás” fogalmának mintájára vezették be [Steffen et al., 2015: 2. o.]. Ha nem is a jelenlegi tág értelemben, de Polányi a természeti tényezőkhöz való viszonytal, így elsősorban a földhasználattal összefüggő, a szabályozatlan piacgazdasági feltételek között végbemenő változásokat, veszélyeket is kiemelte [Polanyi, 1944¹³].)
- A gyorsan növekvő környezetszennyezésnek nemzetközi szinten csak az 1970-es évektől szenteltek különösebb figyelmet. A késedelem jórészt abból fakadt, hogy a szennyező anyagok, hulladékok felhalmozódása a környezetben, illetve ezek hatása hosszabb idő után ért el kritikusabb és egyértelműbben kimutatható, azonosítható szintet. A Római Klub 1972. évi jelentése az erőforrás-használat mellett azt is világossá tette, hogy a természeti rendszer szennyezést befogadó (abszorbeáló) képessége sem határtalan – azaz a jelentés címével összhangban ez is a „növekedés” egyik határa –, továbbá azt, hogy mivel járhat e hatás észlelésében megmutatkozó időbeli késlekedés [Meadows et al., 1972¹⁴]. Ugyanezt fogalmazták meg az 1972-ben elfogadott „Stockholmi Nyilatkozat”-ban is a környezetszennyezésről [UN, 1972¹⁵]. Mindezt megelőzően a tudományos vizsgálódások keretében már felmerült, hogy a gazdasági tevékenységek nemkívánatos melléktermékeit, a „kimeneti” oldalukon keletkező szennyezőanyag-kibocsátást is modellezni és becsülni kell,

¹¹ „With dramatically increasing consumption, opportunities for industry have grown and will continue to do so [...] have also led to large environmental impacts, including the emissions of air and water pollutants and other wastes [...], also toxic and hazardous substances.” (84. o.)

¹² „Great Acceleration truly began only after 1945. [...] The exponential character of the Great Acceleration is obvious from our quantification of the human imprint on the Earth system” (617-618. o.)

¹³ „To allow the market mechanism to be sole director of the fate of human beings and their natural environment, indeed [...], would result in the demolition of society.” (73. o.); Ch. 15: „Market and Nature”

¹⁴ „The natural ecological systems can absorb many of the effluents of human activity [...]. When any effluent is released on a large enough scale, however, the natural absorptive mechanisms can become saturated.” (68. o.)
 „The danger of reaching those limits is especially great because there is typically a long delay between the release of a pollutant into the environment and the appearance of its negative effect on the ecosystem.” (81. o.)

¹⁵ „(3.) We see around us growing evidence of man-made harm in many regions of the earth: dangerous levels of pollution in water, air, earth and living beings [...]. Principle 6. The discharge of toxic substances or of other substances and the release of heat, in such quantities or concentrations as to exceed the capacity of the environment to render them harmless, must be halted in order to ensure that serious or irreversible damage is not inflicted upon ecosystems”.

ezzel elősegítve a lehetséges szennyezéscsökkentési megoldások értékelését, alkalmazását [Leontief, 1970¹⁶].

- A múlt század közepétől az emberi tevékenységek következtében világunk alig felfogható módon és mértékben megváltozott. A gyarapodó lélekszámú emberiség beavatkozása a természet rendjébe globális szintű lett. Elérkeztünk az egyes kutatók által „Antropocén”-nek elnevezett új korszakhoz [Crutzen & Stoermer, 2000¹⁷; Rockström et al., 2009; Vida, 2012¹⁸; Desai, 2019]. E rendszer egyensúlyának szempontjából kulcsfontosságúnak tartott néhány planetáris határ esetében pedig már elhagytuk a „biztonságos zónát”, amelyek sorába tartoznak egyes környezeti kibocsátások (üvegházhatású gázok emissziói, nitrogén- és foszfor-kibocsátások) [Steffen et al., 2015].
- Azt kellene már jó ideje mérlegelni, hogy a különállóan azonosított globális problémák és azok kölcsönhatásai – az eddigi kezeléseik mellett vagy ellenére – még inkább fenntarthatatlanná, „élhetetlenné” tehetik a jelen és az elkövetkező nemzedékek, illetve a népesség többsége számára a természeti környezet állapotától, minőségétől függő életkörülményeket, ezáltal eleve ellehetetlenítve az egyetemes jólleti elképzeléseket, törekvéseket is.

Kezdeményezések a környezetminőség romlásának megállítására. A társadalmi-gazdasági folyamatokban megmutatkozó felgyorsulással akaratlanul is kiváltott, a környezeti rendszer egészére ható – a természeti erőforrások felhasználását és a szennyezőanyag-kibocsátást illetően kiterjedt – változásoknak előbb vagy utóbb véget kell érnie [McNeill & Engelke, 2014¹⁹]. Ennek sokféle módja, kimenetele lehetséges. Emiatt is van kitüntetett szerepe a tudományos vizsgálatoknak abban, hogy miképpen alakult ki ez a helyzet, mi történt eddig és minek kellene történnie a továbbiakban a veszélyes hatások elhárítására. A problémakör fel- és megismerésének a fejlődését, az arra adott válaszokat és egyúttal azok elégtelenségét jól érzékeltetheti, ha felidézzük a korábbi és az újabb nemzetközi értékelések néhány megállapítását.

- 1968-1972. A környezetminőség fokozódó romlását okozó olyan tényezőkre is felhívta a figyelmet egy 1968. évi ENSZ-határozat, mint a levegő- és vízszennyezés, a talajpusztulás, a hulladékok, a kártevők ellen használt vegyi anyagok mellékhatásai [UN, 1968²⁰]. E határozat nyomán vette kezdetét az 1972. évi stockholmi világtalálkozó előkészítése. Azon az



Az 1972. évi ENSZ-konferencia jelképe

¹⁶ „Pollution is a by-product of regular economic activities [...]. It is the purpose of this report first to explain how such externalities can be incorporated into the conventional input-output picture of a national economy and, second, to demonstrate that [...] computations can yield concrete replies to some of the fundamental factual questions that should be asked and answered before a practical solution can be found to problems raised by the undesirable environmental effects of modern technology and uncontrolled economic growth” (262. o.)

¹⁷ „several climatically important "greenhouse" gases have substantially increased in the atmosphere [...]. Furthermore, mankind releases many toxic substances in the environment and even some, the chlorofluorocarbon gases, which are not toxic at all, but which nevertheless have led to the Antarctic ozone hole” (17. o.)

¹⁸ „Az ember a bioszférában és annak működésében a legutóbbi két-három évszázadban radikális változásokat vitt végbe, új korszakot, az Antropocént hozva létre. [...] A létszámában és igényeiben is nagyságrendekkel megnövekedett emberiség napjainkban találkozik az erőforrások és nyelők végeességének problémájával.” (65. o.)

¹⁹ „But the Great Acceleration will not last long. [...] Sometime soon people will likely moderate their impact on the Earth [...]. No one can say when and how fast such shifts will take place. But when they do, the Anthropocene will have entered a new stage, perhaps a less worrisome one” (209. o.)

²⁰ The General Assembly „Noting, in particular, the continuing and accelerating impairment of the quality of the human environment caused by such factors as air and water pollution, erosion and other forms of soil deterioration, waste, noise and the secondary effects of biocides, which are accentuated by rapidly increasing population and accelerating urbanization”

ENSZ-konferencián „a vízbe, a levegőbe, a földbe és az élőszervezetekbe jutó szennyező anyagok veszélyes szintjével” kapcsolatos növekvő bizonyosságról, a környezetszennyezés miatti kockázatok további felmérésének a szükségességéről volt szó, és ezt tükrözte az elfogadott nyilatkozat és cselekvési terv [UN, 1972²¹].

- *1982-ben* már kész tényként hivatkoztak ezekre a környezeti folyamatokra és arra, hogy bár megkezdődött az együttműködés ezek kapcsán, de nem hatékony az addig létrejött nemzetközi környezetpolitikai rendszer [UNEP, 1982²²]. Az emberi tevékenységekből eredő környezetszennyezésnek komolyak a következményeik a saját életminőségükre, és a hivatkozott jelentésben ott szerepelt a kellő bizonyossággal nem megválaszolható „nagy kérdés” is: „ahogyan változik a globális környezet állapota, az hosszútávon súlyosan veszélyeztetheti az emberiség jóllétét?”²³
- *2012-2015.* Az 1992. évi ENSZ-csúcstalálkozó huszadik évfordulóján újra a világ környezeti, fenntartható fejlődési helyzetével, jövőjével és a teendőkkel foglalkozó nemzetközi konferenciát tartottak. Az ENSZ Környezeti Programja ezt megelőzően tette közzé újabb globális környezeti jelentését, amelyben rámutattak arra, hogy tovább erősödtek a környezetterhelést okozó társadalmi-gazdasági hajtóerők, és ez együtt járt a természeti erőforrásokat érintő „destruktív” hatásai mellett a szennyező anyagok és hulladékok növekvő kibocsátásával [UNEP/GEO, 2012²⁴]. Ezek figyelembevételével körvonalazták a „zöld gazdaságra”, a fenntartható fogyasztásra és termelésre való áttérést a 2012. évi „Fenntartható fejlődési ENSZ-konferencia” záródokumentumában [UN, 2012; Faragó & Láng, 2012; Faragó, 2012]. A nemzetközi közösség 2015-ben egy sokkal átfogóbb programot fogadott el, amelyben határidőkhöz kötött célokat határoztak meg a veszélyes vegyi anyagok környezeti kibocsátásának, a levegő, a víz és a talaj szennyezésének, a hulladék mennyiségének csökkentésére [UN, 2015²⁵].
- *2019-2021.* A környezettudomány és –politika terén óriási fejlődés ment végbe az 1970-es évektől, de ez nem bizonyult elégségesnek a legtöbb globálissá vált környezeti probléma megoldásához. Az ENSZ Környezeti Programjának 2019. és 2021. évi jelentése behatóan

²¹ *Declaration:* (3.) „We see around us growing evidence of man-made harm in many regions of the earth: dangerous levels of pollution in water, air, earth and living beings”. *Action Plan:* (71.) „minimize the release to the environment of toxic or dangerous substances, especially if they are persistent substances such as heavy metals and organic chlorine compounds”; (85.b) „Consideration of the appointment of appropriate intergovernmental, expert bodies to assess quantitatively the exposures, risks, pathways and sources of pollutants of international significance”

²² „Carbon dioxide concentrations in the atmosphere continued to rise, concern about acid rains grew, and that about man's impact on stratospheric ozone remained. [...] much concern was expressed over the enormous increase during the decade in the volume and number of man-made chemicals reaching the environment.” (7-9. o.) „The 1970s brought into focus the fact that international co-operation is essential to solve environmental problems, and several inter-national and regional actions to protect and develop the environment were undertaken in the 1970s; it is difficult to contend, however, that the international system is yet as efficient as it should be.” (63. o.)

²³ „At the end of the 1970s, therefore, despite very great increases in knowledge, it was possible to ask the same central question as at the beginning – “is the world environment changing in ways that could be seriously detrimental in the long term to the well-being of humanity?” – and still not be sure of the answer.” (57. o.)

²⁴ Drivers such as population dynamics, economic demand and unsustainable consumption and production patterns are processes that lead to impacts on the environment. These drivers often directly or indirectly result in environmental pressures including increased emissions of pollutants and wastes and destructive resource extraction. Such pressures cause changes to the environment with concomitant impacts on both humans and ecosystems.” (xix. o.) „Drivers of environmental change are growing [...] they are exerting unprecedented pressure on the environment. Most forms of consumption and production use the environment as a source of raw materials and as a sink for wastes.” (23. o.)

²⁵ Sustainable Development Goals: 3.9, 6.3, 12.4, 14.1. E kötet szerzője egy korábbi írásában részletesen áttekintette e program és az egyes célterületek előzményeit is [Faragó, 2016].

elemezte ezt a helyzetet, különös tekintettel az emberi egészségre gyakorolt káros hatásokra. Az előbbi jelentés szerint a bolygónk egészségtelen környezeti állapotát a nagymértékű szennyezés is okozza; mindenekelőtt az ezt kiváltó hajtóerőket kellene visszafogni [UNEP/GEO, 2019²⁶]. A 2021. évi jelentés szintén hangsúlyosan szólt a toxikus nehézfémeket, állékony szerves szennyezőket és más vegyi anyagokat tartalmazó veszélyes hulladékokról, az üvegházhatású gázok kibocsátásáról [UNEP, 2021²⁷].

A tiszta környezet és az egyetemes emberi jogok. A környezetterhelésből eredő környezetminőségi hatások ugyan eltérőek lehetnek a különböző régiókban élő társadalmak és az egyes társadalmi csoportok számára, de a méltányos életfeltételekhez való *egyetemes* emberi jogok sorában a tiszta, egészséges környezeti körülményekhez való jog is elismerést nyert. Ennek érvényesítése nem csak a jelenben okoz gondot, hiszen a környezetkárosítás hátrányosan változtathatja meg az elkövetkező nemzedékekre váró, általuk majd megörökölt környezeti körülményeket is.

- *A méltányos emberi élet környezeti feltételeit* sokféleképpen jellemezték és értelmezték, többek között tiszta, egészséges és/vagy megfelelő minőségű környezetként megjelölve ezt az állapotot. Az alapvető emberi szükségletek kielégítését, a jóléthez nélkülözhetetlen környezeti körülmények meglétét bizonyos természeti erőforrások (pl. kellő mennyiségű és minőségű ivóvíz) hiánya és a környezet tiszta, egészséges, „élhető” állapotát szennyező anyagok kibocsátása, terjedése, felhalmozódása veszélyeztetheti. A kétféle követelmény kölcsönhatásban van egymással, de bennünket ezúttal elsősorban a globális szintűvé vált környezetszennyezés foglalkoztat, ami a társadalmak fogyasztási és a termelő tevékenységeiből származó „maradványként” is felfogható [Victor, 1972²⁸]. Az 1992-ben kezdeményezett, majd 2002-ben elfogadott „Föld Karta” jóval tágabban értelmezte azt, hogy miért és miként szükséges az egészséges bioszféra megőrzése, a környezet szennyezésének elkerülése, és ezzel milyen emberi jogok és kötelezettségek járnak együtt [Earth Council, 2002²⁹]. A 2017-ben megalakult Lancet-csoport szerint az emberi egészség védelmének kulcsfontosságú tényezője maradt a környezetszennyezés elleni nemzetközi fellépés, mert e szennyező anyagoknak súlyosak az emberi egészségre – akárcsak általában az élővilágra, az ökológiai rendszerekre – gyakorolt



²⁶ „The planet is becoming increasingly unhealthy through the negative impacts of biodiversity loss (including pollinators, coral reefs and mangroves), climate change and other air pollution, water pollution, ocean pollution and depletion, and land use change. [...] The pressures arise from massive use of chemicals (many with toxic health and environmental implications), huge waste streams (many largely unmanaged), committed and intensifying climate change impacts” (xxix. o.) „Environmental pollution is still a major source of damage to the health of the planet” (76. o.)

²⁷ „The release of hazardous waste into the environment continues to have a significant role in its deterioration. [...] hazardous waste and more specifically e-waste contain hazardous substances such as lead, cadmium, mercury, persistent organic pollutants (POPs), asbestos and chlorofluorocarbons [...]. This highlights the need to improve the management of chemicals and waste to limit their interactions with nature” (76-77. o.) „Despite the fall in emissions in 2020, it seems that atmospheric concentrations of greenhouse gases, which are what affects the climate, will continue to rise” (121. o.)

²⁸ „The residuals of production processes, variously called pollutants, contaminants and waste products, have traditionally been treated as extraordinary in the literature of economics. [...] Nearly all the existing economic analysis of waste products has been applied independently to air, water or land pollution, despite the fact that these three environmental sectors are substitutes for each other as receptacles for most forms of waste.” (18-19. o.)

²⁹ „The resilience of the community of life and the well-being of humanity depend upon preserving a healthy biosphere with all its ecological systems” (II.2. a) „Accept that with the right to own, manage, and use natural resources comes the duty to prevent environmental harm and to protect the rights of people. [...] Prevent pollution of any part of the environment and allow no build-up of radioactive, toxic, or other hazardous substances.” (II.6. c, d)

káros hatásai [Landrigan et al., 2017; Landrigan & Fuller, 2018³⁰]. Egyik javaslatuk arra irányult, hogy létre kellene hozni egy „Globális (környezet)szennyezési obszervatóriumot” a WHO és az UNEP összefogásával.³¹

- *A környezettel kapcsolatos emberi jogok* meghatározásának igényét az váltotta ki, hogy sokasodni kezdtek a környezettel – erőforrásaival és szennyezésével – összefüggő nemzetközi érdekütközések. Ez a jog csak érintőlegesen jelent meg az 1972. évi Stockholmi Nyilatkozatban³², majd annak konkretizálása már felmerült úgy az akkor létrejött ENSZ Környezeti Program, mint az 1950 óta működő Európa Tanács keretében. Legegyszerűbbnek látszott volna meglévő nemzetközi emberi jogi dokumentumok „környezeti” kiegészítése [Kiss, 1976³³]. Más tanulmányokban – a környezeti vetületek és jogérvényesítési eszközök többsége miatt – inkább egy önálló nemzetközi jogi eszköz (nyilatkozat, karta) megalkotásának célszerűsége mellett érveltek, de annak tisztázásával, hogy a különböző jogok (azok megléte vagy veszélyeztetése is) kölcsönhatásban vannak egymással [pl. Untermaier, 1978; Kiss, 1989; Symonides, 1992; Cullet, 1995³⁴; Fodor, 2015]. E környezeti jog a tiszta, egészséges környezet meglétére is vonatkozik, amibe nemcsak az emberi egészséghöz, jólétéhez szükséges környezeti feltételeket, hanem magának a környezetnek az egészséges állapotát, biztonságát, szennyező anyagoktól való mentességét is beleértik [Déjeant-Pons & Pallemmaerts³⁵, 2002; Bándi, 2009³⁶]. Ugyanez érvényes a nemzedékek közötti „környezeti igazságosságra”, a megfelelő minőségű környezeti feltételek megőrzésére, ami magában foglalja azt a kötelezettséget, hogy a mindenkori nemzedékek nem hagyhatják hátra a bolygó természeti környezetét rosszabb állapotban a rákövetkező nemzedékeknek, mint ahogyan saját maguk kapták elődeiktől [Weiss, 1992³⁷]. Ez egyaránt érinti a természeti erőforrások minőségének, a környezet (biológiai, fizikai, kémiai)

³⁰ „Despite the great magnitude of its effects on human health and the environment, pollution from industrial, automotive and chemical sources has been gravely neglected in the international development and global health agendas [...]. In many parts of the world, the burden of disease and death due to pollution is increasing.” (2-3. o.) „Sustainable long-term control of pollution and mitigation of climate change will require that societies [...] move away from pollution control to prevention of pollution at source by fundamentally changing societal patterns of production, consumption and transportation.” (9. o.)

³¹ Global Pollution Observatory (GPO)

³² Stockholm Declaration (1972) Principle 1: „Man has the fundamental right to freedom, equality and adequate conditions of life, in an environment of a quality that permits a life of dignity and well-being”

³³ „Il y a été proposé de l'ajouter à la déclaration universelle des droits de l'homme, au pacte des Nations Unies sur les droits économiques, sociaux et cultures [...]. Quant aux organes de recours, le droit à l'environnement pourrait être garanti par les instances existantes dans la cadre des instruments de protection des droits de l'homme.” (18. o.)

³⁴ „The inclusion of an environmental dimension in the human rights debate has become necessary in view of the recognition of the pervasive influence of local and global environmental conditions upon the realization of human rights. In legal terms, the new linkages will come to enhance the protection in both fields” (25. o.)

³⁵ „The impact of various forms of pollution on human health is well documented, and environmental quality standards for the protection of human health have been established for different pollutants and environmental media, based on scientific research to determine "no adverse effect" concentration and exposure levels below which there is no significant health impact. [...] Such impairments of the quality of life as a result of environmental conditions, though falling short of actually harming human health, should nevertheless be considered as infringements of the right to a healthy environment *sensu lato*. Indeed, a healthy environment is to be seen not merely as an environment that is healthful for human beings, but also as an environment that is itself "healthy".” (20. o.)

³⁶ „A környezethez való jog (illetve az azzal szemben álló állami kötelezettség) tárgyának a szakirodalom egy igen széles értelemben felfogott környezetet tekint, amelynek összetevői az: egészséges környezet (az ember élete és egészsége szempontjából megfelelő, káros hatásoktól mentes környezet)” – a biztonságos, zavartalan, esztétikus, harmonikus, kedvező és az emberhez méltó környezet. (30. o.)

³⁷ „each generation should be required to maintain the quality of the planet so that it is passed on in a condition no worse than that in which it was received. Each generation should be entitled to quality comparable to that enjoyed by previous generations” (22. o.)

állapotának védelmét, a környezetszennyezés és – pl. az ózonrétegre, az éghajlatra gyakorolt – hatásainak korlátozását [Norgaard, 1992³⁸], de *nem* jelentheti a nem megújuló erőforrások használatával vagy a környezet terhelésével való teljes felhagyást [Nagy, 1994³⁹]. A jelzett követelményekre a hazai jog- és stratégiaalkotás kapcsán is hivatkoztak [Fülöp, 2012; Bartus, 2013; Bándi, 2013].

- *Nemzetközi nyilatkozatok* megfogalmazását javasolták, illetve ilyeneket fogadtak el a környezeti jogokról és kötelezettségekről az 1960-as évektől. A legtöbb esetben ezek csak általánosságban szóltak a társadalmi-gazdasági fejlődés és a természet harmóniájának, a környezet védelmének a fontosságáról, amiből egyáltalán nem tűnt ki, hogy mi értendő a megfelelő minőségű környezet alatt [UN, 1969: 13(c), 25(a); UN, 1972, 1990, 1995, 2000]. Más dokumentumokban az általános környezetjogi, a természeti erőforrások feletti önrendelkezési és a fenntarthatósági kritériumokon túlmenően konkrétabban utaltak a környezetterhelés elkerülésének a követelményeire is. Ebben a szellemben a Természetvédelmi Világkarta külön kitért a természeti rendszerekre veszélyes környezetszennyezésre és hulladékkibocsátásra [UN, 1982⁴⁰]. A WHO égisze alatt elfogadott „Európai Környezeti és Egészségi Karta” a kötelezettségek közé sorolta az emberi egészségvédelem szempontjából veszélyes anyagok környezetbe kerülésének megelőzését, ideértve az ózonrétegre és az éghajlatra ható emissziókat, az állékony vegyi anyagok és a veszélyes hulladékok környezeti kibocsátását is [WHO, 1989⁴¹]. „Az élet fenntartásának stratégiája” minden korábbinál hangsúlyosabban szólt az ökológiai rendszerekre ártalmas környezetterhelő tevékenységekről [IUCN-UNEP-WWF, 1991⁴²].
- *Az emberi jogok környezeti vetületeivel foglalkozó együttműködés* megerősödött az ENSZ keretében az 1990-es évek elejétől, amit jórészt az 1992. évi ENSZ-világtagálkozóra való felkészülés serkentett. A norvégiai



³⁸ „Sustainability reasoning [...] weights current and future generations more or less equally. [...] Legislative decisions to protect individual species, set aside land for national parks, establish soil conservation agencies, and limit pollution can be interpreted as efforts to protect the rights of future generations. [...] International accords such as the Montreal Protocol to protect the ozone shield clearly limit the rights of current peoples in order to protect the assets of future peoples.” (94., 112. o.)

³⁹ „A minőség megőrzésének elve arra szólít föl bennünket, hogy a bolygót ne hagyjuk itt rosszabb állapotban, mint ahogyan megkaptuk. Itt is helye van valamelyest rugalmasságnak, hiszen a környezetszennyezést, kiváltképpen pedig a környezetterhelést teljesen megtiltani nem lehet.” (58. o.)

⁴⁰ „11. Activities which might have an impact on nature shall be controlled, and the best available technologies that minimize significant risks to nature or other adverse effects shall be used [...]. 12. Discharge of pollutants into natural systems shall be avoided and: (a) Where this is not feasible, such pollutants shall be treated at the source, using the best practicable means available; (b) Special precautions shall be taken to prevent discharge of radioactive or toxic wastes.”

⁴¹ *Principles* „9. Governments, public authorities and private bodies should aim at both preventing and reducing adverse effects caused by potentially hazardous agents and degraded urban and rural environments.” *Priorities* „1. Governments and other public authorities should pay particular attention to the following urgent issues of the environment and health at local, regional, national and international levels and to take action on them: global disturbances to the environment such as the destruction of the ozone layer and climatic change; the environment and health impact of: [...] persistent chemicals and those causing chronic effects; [...] hazardous wastes including management, transport and disposal”

⁴² „Life-support systems are the ecological processes that shape climate, cleanse air and water, regulate water flow, recycle essential elements, create and regenerate soil, and keep the planet fit for life. Human activities are radically altering these processes through global pollution and the destruction or modification of ecosystems. [...] Climate change and ozone depletion are new global threats. At the same time, old pollution problems that once were local in scale now affect large regions. [...] Many soils and groundwaters have been so contaminated by heavy metals and persistent organic compounds that they have become unusable. [...] Pollution is the process overloading the Earth’s ecosystems with damaging materials or waste energy. It has grown from a local nuisance to global menace.” (27., 29. o.)

Bergenben 1990-ben megtartott konferencián kezdték meg a környezeti jogokról és kötelezettségekről egy nemzetközi karta tervezését, de végül azt nem terjesztették elő a világkonferenciára. (E „bergeni folyamat” eredménye a környezeti ügyekben való társadalmi részvétel feltételeinek, eszközeinek meghatározása volt a páneurópai szintű 1998. évi Aarhusi Egyezményben, amelyben – konszenzus híján a környezetminőség, a tiszta környezet fogalmainak bárminő kifejtése nélkül – csupán mindenki számára az olyan környezethez való jog említése szerepel, amely „megfelelő” az egészségéhez és a jóllétéhez.)

- *A környezetjogi egyeztetések* elsődleges színtere az ENSZ Emberi Jogi Bizottsága (UNCHR) lett, amelynek határozata alapján 1994-re elkészült egy jelentés az emberi jogok és a környezet kapcsolatáról. Ennek tartalmára hatással voltak az 1992. évi ENSZ-világtalálkozón és az 1993. évi bécsi emberi jogi konferencián elfogadott nyilatkozatok vonatkozó passzusai [UN, 1992: alapelvek; UN, 1993⁴³]. A hivatkozott jelentés külön is részletezte a környezetszennyezés, a toxikus anyagok, a veszélyes hulladékok problémakörét [UNCHR, 1994⁴⁴]. Ez a jelentés alapozta meg a Bizottság, majd 2006-tól a jogutódnak tekinthető ENSZ Emberi Jogi Tanács (UNHRC) további tevékenységét ebben a témakörben. A környezeti jogok elismerésének szükségességére a 2002. évi fenntartható fejlődési csúcstalálkozó is ráerősített [WSSD, 2002⁴⁵], de még ezután is hosszú ideig tartott, amíg előbb 2018-ban az emberi jogokról és a környezetről alapelveket fogadtak el, majd 2021. október 8-án egy határozatot a „tiszta, egészséges és fenntartható környezethez való emberi jogról” [UNHRC, 2021]. Ez utóbbi végre egyértelművé tette az emberi jogok érvényesülésének kapcsolatát a környezet védelmével, illetve azt, hogy a természeti erőforrások nem fenntartható használatának, a környezetszennyezésnek, a vegyi anyagok és a hulladékok nem megfelelő kezelésének negatív emberi jogi következményei vannak.⁴⁶

A KÖRNYEZETTERHELŐ KIBOCSÁTÁSOK ÉS A KÖRNYEZETPOLITIKAI VÁLASZOK

A társadalmak kölcsönös függősége megerősödött a természeti erőforrások iránt növekvő igények és a környezetterhelő folyamatok – azok előidézésének okai, módjai és kiterjedt hatásai – miatt is. Nyilvánvalóvá vált, hogy az ebből fakadó feladatok meghatározásához és végrehajtásához nélkülözhetetlen a közös helyzetértékelést és érdekegyeztetést is magában foglaló nemzetközi együttműködés. A megállapodások és a programok kidolgozása felgyorsult az elmúlt pár évtizedben, és napjainkban már több száz ilyen globális vagy kontinentális szintű jogi és szakpolitikai eszköz létezik. Ezek célkitűzései és rendelkezései közvetlenül vagy közvetve gyakorlatilag az összes környezeti elemre, természeti értékre, illetve erőforrásra,

⁴³ „11. The right to development should be fulfilled so as to meet equitably the developmental and environmental needs of present and future generations. The World Conference on Human Rights recognizes that illicit dumping of toxic and dangerous substances and waste potentially constitutes a serious threat to the human rights to life and health of everyone.”

⁴⁴ (4.) Pollution, discharge of toxic and dangerous products (5.) Transboundary transfer of hazardous wastes

⁴⁵ „169. Acknowledge the consideration being given to the possible relationship between environment and human rights, including the right to development, with full and transparent participation of Member States of the United Nations and observer States.”

⁴⁶ „The Human Rights Council [...] Recognizing that sustainable development, in its three dimensions (social, economic and environmental), and the protection of the environment, including ecosystems, contribute to and promote human well-being and the enjoyment of human rights, [...] Recognizing that, conversely, the impact of climate change, the unsustainable management and use of natural resources, the pollution of air, land and water, the unsound management of chemicals and waste, the resulting loss of biodiversity and the decline in services provided by ecosystems interfere with the enjoyment of a clean, healthy and sustainable environment, and that environmental damage has negative implications, both direct and indirect, for the effective enjoyment of all human rights, [...] 1. Recognizes the right to a clean, healthy and sustainable environment as a human right”

környezetkárosítást okozó emberi tevékenységre kiterjednek, valamint egyaránt a globális és a regionális – az államközi viszonyokra is ható – környezeti problémákra.

- E kötet tematikus fejezeteiben különösen kritikussá vált globális környezetterhelési folyamatokat tekintünk át: létrejöttüket, feltárásukat, az azokkal foglalkozó nemzetközi tudományos és politikai kapcsolatok alakulását, ez utóbbiak keretében elfogadott célokat, előírásokat. Kitérünk a programok, megállapodások hatékonyságának kritikai elemzésére, valamint levonjuk a főbb következtetéseket és tanulságokat.
- Következtesen törekedtünk arra, hogy minden egyes témában felfedjük a kutatások főbb mozzanatait az eredeti forrásmunkák alapján, mert a jövőre nézve is tanulságosnak gondoljuk, hogy miként kristályosodtak ki ezek az ismeretek, hogyan erősödött meg a tudományos bizonyosság e veszélyes folyamatokról.
- Összetett problémákról és hatásmechanizmusokról, globális kiterjedésű folyamatokról, „eredendő” antropogén okai (hajtóerői) és következményei miatt is – bár eltérő módon és mértékben – minden társadalmat érintő ügyekről lévén szó, ezért ugyancsak fontosnak tartottuk annak nyomon követését, hogy miért és hogyan indult útjára, majd fejlődött ezekkel összefüggésben a nemzetközi együttműködés. Az ennek intézményeiben folytatott tevékenység, a helyzetértékelések, a célokat, ajánlásokat és kötelezettségeket tartalmazó stratégiák, programok és megállapodások, továbbá ezek többé-kevésbé hatékony végrehajtása nélkül még inkább fokozódtak volna a planetáris környezet állapotába való beavatkozások és azok hatásai, még gyorsabban közeledve akár drámai következményekkel járó határokhoz, „átbillenési pontokhoz”.

Négy globális és veszélyes hatású környezetterhelési folyamat a következő fejezetek témája, amelyek megoldására, de legalábbis a mérséklésére – antropogén okaik, ártalmas hatásaik felismerését követően – nemzetközi válaszingtezkedések születtek.⁴⁷ Annak ellenére, hogy ezek kialakulásának és hatásmechanizmusának módja, globalizálódásának üteme, igazolásának és megoldhatóságának/megoldásának időtényezője is meglehetősen különböző, számos hasonló vonással rendelkeznek. Mindegyiket a vizsgálatok korai szakaszában a folyamat okairól és/vagy jelentős hatásairól kialakult viták, a válaszok kapcsán pedig komoly érdekütközések jellemezték. Bármennyire is régebbi keletűek e környezeti ügyek, de még jó ideig velünk maradnak. Nemcsak emiatt lényeges a tudományos feltárási és politikai intézkedési folyamatok megismerése, hanem azért is, mert az ezek révén szerzett tapasztalatok segíthetnek más vagy majdani nagytérségű, nemzedékeken átívelő olyan kockázatos problémák felismerésében és megoldásában, amelyek beárnyékolják vagy beárnyékolhatják a társadalmak és a természeti környezet kapcsolatát.

- *A toxikus nehézfémekről* szól az első fejezet, amelyek közül az ólom és a higany használatának évezredekre visszanyúló története van. E nehézfémek és a kadmium, illetve különböző vegyületeik felettébb hasznosnak bizonyultak, de szinte érthetetlen, hogy egészségi és környezeti ártalmaik miatt maradtak oly sokáig feltáratlanok. A hosszú idő után elkészült nemzetközi programok és páneurópai megállapodások mindhárom említett nehézfémeket érintik, viszont globális megállapodást csak a higanytól és a higanyos alkalmazásoktól való fokozatos megválásról sikerült elérni.

⁴⁷ A környezetterhelési és –szennyezési fogalomkörre külön kitért a hazai szakirodalomban többek között: a Láng István és mások által szerkesztett lexikon, Kerényi Attila környezetvédelmi és Fodor László környezetjogi szakkönyve [Láng et al., 2002; Kerényi, 1998: 211. o.; Fodor, 2015: 23. o.]. Szabatos fogalomhasználatuk fontos támpont volt e kötet szerzője számára, habár e fogalmakat a globális szintű folyamatok, programok, megállapodások esetében többféle módon értelmezik, beleértve azokat, amelyekkel részletesen foglalkozunk e kötetben.

- *A környezetszennyezés és a hulladékprobléma* is globálissá vált a múlt század közepétől. Ennek legkritikusabb összetevőjét a veszélyes hatású szennyező anyagok és hulladékok alkotják, amelyek keletkezési helyüktől nemcsak természetes módon (légköri áramlásokkal, vízfolyásokkal), hanem emberi közvetítéssel is („hulladékkereskedelemmel”) nagy távolságokra eljuthatnak. A második fejezetben bemutatjuk e szennyezőanyag- és hulladékáram főbb összetevőit, az e problémakörrel foglalkozó nemzetközi szervezeteket, programokat és megállapodásokat.
- *Az ózonréteget károsító anyagok* előállítása, hasznosítása és környezeti kibocsátása csak a huszadik század első felétől vette kezdetét. Ugyanakkor feltehetően e veszély elhárítása történhet meg legelőbb – a vizsgált globális környezetterhelések közül – a tudomány és a politika eredményes „párbeszédének” köszönhetően, feltéve, hogy hatékonyan folytatódik az eddig jóváhagyott nemzetközi rendelkezések végrehajtása. A harmadik fejezet az ózon és az ózonréteg kutatásának, továbbá az ózonréteg védelmének tanulságos történetét, jelenlegi helyzetét és a kilátásait részletezi.
- *A jelenlegi globális éghajlatváltozás* a negyedik fejezet témája, amely ez idő szerint is gyors ütemben folytatódik. A légköri üvegházhatás felfedezésétől, az üvegházhatású gázok jellemzőinek, természeti és antropogén kibocsátási forrásai és nyelői vizsgálatának, az éghajlatváltozási folyamat kutatásának, az ok-okozati relációk egyre nagyobb tudományos bizonyosságú azonosításának megindulásától hosszú évtizedek teltek el addig, amíg megszülethetett e probléma elővigyázatos kezelését célzó keretegyezmény. Áttekintjük és értékeljük e tudományos együttműködés fejleményeit, valamint az újabb nemzetközi klímapolitikai megállapodásokat is.

Sem e globális környezeti problémák, sem a nemzetközi szinten elhatározott, illetve alkalmazott intézkedések és azok eredményei nem függetlenek egymástól: hasonlóságok és kölcsönhatások is léteznek köztük. Ezért is van szükség a környezettudományban és a környezetpolitikában – akárcsak általában a tudományban és a szakpolitikákban – a rendszerszemléletű megközelítésre amellet, hogy az egyes problémákat önmagukban is elemzik és megoldani törekednek.

A környezetterhelő folyamatok és okozataik összefüggései

Hasonlóságok. A vizsgált környezeti problémák hajtóerői – a népességnövekedéssel együtt globális szinten növekvő mértékű „nem fenntartható” termelés és fogyasztás – mellett e veszélyes folyamatoknak vannak olyan hasonlóágaik, amelyek külön-külön és együttesen is megnehezítik a mérséklésüket. Ezek egyaránt vonatkoznak a kibocsátásokra, a terjedésre és a hatásokra.

- *Sokféle környezetkárosító anyagot és kibocsátási forrást* kell számításba venni a kutatások folytatása és a környezetvédelmi beavatkozások tervezése során, legyen szó akár az ózonrétegre és az éghajlati rendszerre ható beavatkozásokról, akár a környezetbe jutó toxikus nehézfémekről és veszélyes anyagokat tartalmazó hulladékokról. A „klímaprobléma” esetében eleinte a széntüzelésből eredően a szén-dioxid emelkedő légköri mennyiségére összpontosítottak; később terjedtek ki a megfigyelések és az elemzések más üvegházhatású gázokra, az emisszióikért felelős sokféle ágazatra, emberi tevékenységre. Ez utóbbiakra tekintettel utaltak a nemzetközi klímapolitikai intézkedések a *teljes gazdaságot* átfogó kibocsátás-szabályozási célokra.⁴⁸ Hasonlóan széles körű – több összetevőt és szektort érintő – megközelítésre lett szükség az ózonkárosító anyagok vagy az olyan veszélyes vegyi

⁴⁸ economy-wide emission reduction targets [UNFCCC/PA, 2015: Art. 4.4]

anyagok és hulladékaik esetében, mint az állékony szerves szennyezők, a higany és annak számos vegyülete.⁴⁹

- *A nagy távolságú terjedés „képessége” és a kritikus hatások sok évtizedes időtávlatai* ugyancsak a vizsgált környezetterhelő anyagokkal kapcsolatos közös jellemzők, és emiatt is váltak ezek az ügyek globális jelentőségűvé. Már nem csupán az országhatárokon átjutó, bilaterális vagy regionális szintű nemzetközi konfliktusokhoz vezető környezeti károkozásról van szó, hanem az itt vizsgált anyagok akár planetáris léptékű terjedése miatti globális következményekről. Emellett mindegyik témában a károsult/módosult környezetállapotnak hosszú idejű – az azt kiváltó tevékenységek mérséklését, megszüntetését követő – regenerálódási időtávja (vagy stabilizálódási, „igazodási” időtávja). E sajátosságok felvetése sem új keletű [Meadows et al., 1972⁵⁰].
- *A környezeti kibocsátásokból fakadó ártalmak*, azaz a társadalmakra és a természeti rendszerekre gyakorolt kedvezőtlen hatások szintén sokrétűek. A toxikus nehézfémek környezeti kibocsátásának, felhalmozódásának, az ózonréteg „vékonyodásának” is többféle hátrányos hatása van az emberi egészségre, a flórára és a faunára [WHO, 1995; UNEP, 1992, 1998]. Az éghajlatváltozás következményeivel is régóta foglalkoznak: az ökológiai hatások mellett kiemelt figyelemmel az olyan kulcságazatokat érintő következményekre, mint a vízgazdálkodás, a mezőgazdaság vagy az energiagazdálkodás [IPCC/WG-II, 2014].

Ezek a környezeti problémák egymással is kölcsönhatásban vannak, amit számításba kell vagy kellene venni az azokra adandó válaszingedmények meghatározásánál és végrehajtásánál.

- Az ózon és a hosszú időn át a légkörbe kibocsátott többféle ózonkárosító anyag is üvegházhatású. Az ózonréteg „vékonyodásának” eme hatását jóval meghaladta az ózonkárosító anyagok (freonok, halonok) összesített légköri üvegházhatás-erősítő hatása [IPCC & TEAP, 2005⁵¹]. Egyúttal az éghajlat változása is befolyással van a magaslégköri ózonréteg állapotára.
- Számottevő mértékű a környezet toxikus nehézfém-szennyezése: jórészt az ólom-, kadmium- vagy higanytartalmú elhasznált eszközök hulladékká válásával és így a hulladékáramba kerülésével; illetve a higany esetében nem elhanyagolható arányú a hulladékégetéskor keletkező légköri emisszió sem [UNEP/GMA, 2019⁵²].
- A környezet növekvő mértékű műanyagszennyezése különösen veszélyes hatású a víztestek (tengerek, vízfolyások, tavak) élővilágára, amikor ezek a szennyező anyagok mikroméretű darabokra töredeznek. Márpedig e folyamatban jelentős része van a Napból érkező ultraibolya sugárzásnak is [UNEP/EEAP, 2020⁵³]; következésképpen az ózonréteg

⁴⁹ perzisztens szerves szennyezők [SC, 2001: Annex A & B; Art. 6]; higany-vegyületek [MCM, 2013: Art. 3, Art. 4; Faragó, 2015]

⁵⁰ „Many pollutants are globally distributed; their harmful effects appear long distances from their points of generation.” (69. o.) „Whenever there is a long delay from the time of release of a pollutant to the time of its appearance in a harmful form, we know there will be an equally long delay from the time of control of that pollutant to the time when its harmful effect finally decreases.” (82. o.)

⁵¹ „Halocarbons are particularly effective greenhouse gases [...]. Since 1970 the growth in halocarbon concentrations and the changes in ozone concentrations (depletion in the stratosphere and increases in the troposphere) have been very significant contributors to the total radiative forcing of the Earth’s atmosphere. Because halocarbons have likely caused most of the stratospheric ozone loss [...], there is the possibility of a partial offset between the positive forcing of halocarbon that are ODSs and the negative forcing from stratospheric ozone loss.” (91. o.)

⁵² „Emissions from waste that includes mercury-added products comprise about 7% of the 2015 global inventory” (4. o.)

⁵³ „When plastics are exposed to solar UV radiation they break down into potentially toxic microplastics [...] Microplastics are ubiquitous in the environment and are of growing concern, especially in aquatic ecosystems”

„megmentését” célzó, nemzetközileg elfogadott intézkedések végrehajtása közvetve mérséklő hatása a mikroműanyagok keletkezésére.

- A fosszilis tüzelőanyagok égetése során a szén-dioxidon kívül higanyos légköri emisszió is keletkezik, az a kibocsátási forrásától nagy távolságokra terjedhet és fejtheti ki toxikus hatását. Ezt az összefüggést a „planetáris határok” elméletében is számításba vették [Rockström et al., 2009⁵⁴]. Az üvegházhatású gázok kibocsátása, az éghajlatváltozás és a veszélyes vegyi anyagok miatti környezetterhelések több más módon ugyancsak kölcsönhatásban vannak egymással [BRS-MCM, 2021].
- Mindebből az is következik, hogy e környezeti problémákat, társadalmi-gazdasági okaikat és hatásaikat együttesen is górcső alá kell venni, mert csak így kezelhetők, oldhatók meg hatékonyan.⁵⁵

A nemzetközi környezetpolitikai „tanulási” folyamat: korábbi megoldások átvétele vagy elvetése, a szinergia fontossága

A nemzetközi környezetpolitika fejlődése során különféle alapelvek, szempontok, eljárások, eszközök épültek be az antropogén környezeti problémák megoldására irányuló programokba, megállapodásokba. Ha az előbbieket valamelyikéről sikerült megegyezésre jutni egy program vagy megállapodás kidolgozása során, és az jól alkalmazhatónak látszott a későbbiekben egy másik környezeti ügyben, akkor felmerülhetett és sok esetben meg is történt annak átvétele. Ebben az értelemben ez egy tanulási folyamat, és ennek részeként lényeges lehet korábbi tapasztalatok számításba vétele, vagy korábbi megoldási, eljárási módok felhasználásának, illetve adaptálásának a megfontolása [UNEP, 2007⁵⁶]. Bármennyire is magától értetődőnek látszik a korábbi esetekből való okulás, beleértve a megfelelő válaszok meghatározását, ez mégsem érvényesült ez kellő következetességgel [SLG, 2001⁵⁷]. Ebben közrejátszhatott, hogy a sokoldalú együttműködési folyamat ugyan a kétoldalú környezeti konfliktusok rendezéséből nőtt ki, de annak környezetpolitikai és környezetjogi tapasztalatai nem adhattak elégséges támpontot a nagytérségű, illetve globális problémák megoldásához [Bándi, 1993⁵⁸].

Hol és hogyan avatkozzunk be? A környezetterhelő tevékenységek esetében az egyik alapkérdés az volt és maradt, hogy az adott tevékenységet korlátozzák, módosítsák vagy inkább a káros következményeit mérsékeljék. Továbbá az egyes programok, megállapodások közötti

⁵⁴ „Chemical pollution also interacts with the climate-change boundary through the release and global spread of mercury from coal burning and from the fact that most industrial chemicals are currently produced from petroleum, releasing CO₂ when they are degraded or incinerated as waste.” (18. o.)

⁵⁵ Sokszor megalapozatlanul találkozhatunk pl. olyan megállapításokkal, amikor elsősorban az antropogén éghajlatváltozást „teszik felelőssé” különféle káros hatású folyamatokért. Jánosi Imre is éppen erre utalhatott a közelmúltban megjelent írásában: „káros környezeti folyamatok taglalása kapcsán a klímaváltozás emlegetése túl gyakran fordul elő akkor is, amikor a háttérben sokkal inkább a globális túlnépesedés és környezetszennyezés következményei állnak.” [Jánosi, 2020: 4. o.]

⁵⁶ „precedent should not be taken for granted, and consideration should be given to relevant special or emerging circumstances and demands” (2-17. o.)

⁵⁷ „although society’s response to global environmental change was clearly a long-term process unfolding over decades, most of our understanding focused on key discoveries and decisions and paid little attention to the historical connections among them. [...] although most debates on how to improve social response were replete with analogies and lesson drawing, there was little critical discussion of what might be appropriately learned from the experiences of other problems and places” (xxi. o.)

⁵⁸ (Bevezetés:) „A nemzetközi környezetvédelmi jog számos tradicionális nemzetközi jogi elven épül fel [...]. Ugyanakkor ezen elvek korlátozott hatókörűek, hiszen a kétoldalú kapcsolatokban alakultak ki. Mind jobban világossá vált, hogy ezen elvek mellett általánosabb hatályú szabályokra is szükség van, olyanokra, amelyek védik a bioszférát, az óceánokat, az ózonréteget, a vándorló állatfajokat, a világ genetikai örökségét vagy a klimatikus viszonyokat. A nemzetközi környezetvédelmi jog globálissá válásáról csak ebben az értelemben lehet szó. [...] A nemzetközi szabályozás és együttműködés lehet a környezetvédelem elsőleges garanciája.”

összhangra, illetve annak hiányára is figyelemmel kell lenni, mert valamely környezeti ügyben meghozott intézkedések segíthetik, vagy éppenséggel hátráltathatják egy másik ügy megoldását. Emiatt is célszerű a környezetvédelmi beavatkozások összhangja [UNU, 1999⁵⁹].

- *Kibocsátáscsökkentés és/vagy alkalmazkodás.* Az országhatárokon áttérjedő környezetszennyezés „klasszikus” példája lett a széntüzelésű erőművek füstgázaival a légkörbe kerülő kén-dioxid. A skandináv országok szakértőinek vizsgálati megállapításaival szemben a nagy távolságú terjedés lehetőségét sokáig kétségbe vonták elsősorban brit részről, és az onnan is eredő kibocsátások csökkentése helyett eleinte azt tartották kézenfekvőnek, ha a skandináv országok meszezással ellensúlyozzák a tavaik vizének elsavasodását [Hajer, 1993⁶⁰]. Ennél sokkal tovább tartó vita alakult ki arról, hogy az üvegházhatású gázok antropogén kibocsátásának csökkentésével egyenlő fontosságúnak kell-e tekinteni az éghajlatváltozás miatt a környezeti feltételek elkerülhetetlennek látszó módosulására, vagyis az alkalmazkodásra való felkészülést. Ez utóbbi már szerepelt az 1992. évi „éghajlatvédelmi” egyezményben, majd a 2015. évi Párizsi Megállapodásban is, de azzal az utalással, hogy ha nem sikerül kellőképpen mérsékelni a kibocsátásokat és az azokból fakadó változásokat, akkor a veszélyes következmények tompítása sokkal nehezebbé válik [UNFCCC/PA, 2015⁶¹].
- *Megelőzés a forrásnál és a „csővégi” megoldások.* A súlyos hatásokkal járó környezetterheléseket legjobb *ab ovo* megelőzni, tehát azok keletkezését elkerülni eredendő forrásuknál. A megelőzés „tisztá termeléssel”, a szűkebb értelemben vett tisztább megoldásokkal érhető el [Zilahy, 2004⁶²]. Az általunk vizsgált esetekre is érvényes ez, így a különösen veszélyes vegyi anyagokra (kiváltásukkal, ezáltal eleve elkerülve annak lehetőségét, hogy a globális hulladékáramba kerüljenek), az ózonkárosító anyagokra (felhagyva az előállításukkal és helyettesítve azokat „ózonbarát” vegyületekkel), a fosszilis tüzelőanyagok vagy a toxikus nehézfémek, köztük a higany használatára. Az utóbbi két esetben is már több évvel a nemzetközi megállapodások megkötése előtt felmerült, hogy előbb vagy utóbb szükségessé válhat az „alaprobléma” kezelése: a fosszilis tüzelőanyagok használatának csökkentése [Glaser, 1982⁶³], illetve a különböző termékekben és ipari

⁵⁹ „Co-ordination has the potential to improve each of these aspects of MEA effectiveness by promoting the coherence of rules and norms, [...] and ensuring that the desired impacts on the environment of one regime do not undermine the desired impacts of another.” (10. o.) „Overall, the concept of issue management may serve as a useful tool for enhancing and developing synergies between the MEAs and should be developed further. This might include consideration of the timing of work (agendas and work programmes) of various MEAs, with a view to avoiding the development of conflicting measures” (23. o.)

⁶⁰ „The British government emphasized that there was no firm evidence that its SO₂ emissions were responsible for fish deaths and acidification in the Swedish lakes [...], it argued that tall stacks (to dilute and disperse pollution) and the liming of lakes (to counterbalance the acidification) were much cheaper and more effective means.” (52. o.)

⁶¹ (7.4.) „Parties recognize that the current need for adaptation is significant and that greater levels of mitigation can reduce the need for additional adaptation efforts”

⁶² „A szűken értelmezett megelőző jellegű környezetvédelem célja a káros kibocsátások és egyéb környezeti hatások csökkentése vagy megszüntetése azok forrásánál. A kibocsátások ilyen módon való csökkentése egyben a felhasznált erőforrások mennyiségét is csökkenti [...]. A megelőző szemlélet jelenik meg a tisztább termelés felfogásában”

⁶³ (Summary:) „The greenhouse effect is not likely to cause substantial climatic changes until the average global temperature rises at least 1°C above today’s levels. This could occur in the second to third quarter of the next century. However, there is concern among some scientific groups that once the effects are measurable, they might not be reversible and little could be done to correct the situation in the short term. [...] Mitigation of the "greenhouse effect" would require major reductions in fossil fuel combustion.”

folyamatokban a higanytól való megválás [UNEP/GMA, 2002⁶⁴]. Mindeme környezetterhelések úgy is elkerülhetők, ha „csővégi” eljárásokkal megakadályozzák, hogy az adott ipari folyamat vagy más tevékenység nyomán keletkező szennyező anyagok kijussanak a környezetbe. Amiképpen a szén- és szén-dioxid megakadályozásának megoldották a füstgáz kén-telenítését, ugyanúgy foglalkoznak hosszabb ideje a szén-dioxid leválasztásával (az azt követő tárolásával vagy hasznosításával) [Herzog & Drake, 1996⁶⁵; IPCC, 2005; Faragó, 2013]. Hasonlóképpen csak a kibocsátást megakadályozó megoldás az, amikor az ózonkárosító anyagot (pl. hűtőgázt) visszanyerik és ártalmatlanítják; az e célra alkalmazható technológiák fejlesztése sürgőssé vált már közvetlenül az ózonréteg-védelmi Montreali Jegyzőkönyv hatálybalépése után [VCPO/MP, 1989⁶⁶]. A hulladékok és főként az emberi egészségre, a környezetre veszélyes összetevőket tartalmazó hulladékok esetében is – a hulladékkeletkezés minimalizálására való törekvés elsődlegessége mellett – az ártalmatlanításukra, annak módzataira ajánlások, illetve előírások kerültek be a nemzetközi együttműködés keretében elfogadott programokba, megállapodásokba [UNEP, 1987⁶⁷].

- *Átterhelés.* A különféle célokra nagy mennyiségben alkalmazott, de ózonkárosítónak bizonyult anyagok helyettesítésére előbb az ózonrétegre kevésbé ártalmas, majd „ózonbarát” – de jelentős üvegházhatással rendelkező – anyagokat fejlesztettek ki. Az ózonréteg ilyen „megmentése” tehát hozzájárult egy másik globális környezetterhelő folyamathoz; e helyzet feloldását pedig az jelenthette, ha egyaránt „ózon- és klímabarát” vegyi anyagokat állítanak elő és vezetnek be [VCPO/KA, 2016; Faragó, 2017]. Ugyancsak környezeti átterhelést eredményezett, amikor a hulladékégetéssel vagy –lerakással „megoldottnak” vélt hulladékprobléma következményeként jelentős mennyiségű, a légköri üvegházhatást erősítő szén-dioxid, illetve metán jutott a légkörbe [IPCC/WG-I, 2013].

Precedensek. A multilaterális környezetpolitikai együttműködés fejlődése során a környezetkárosító tevékenységek szabályozására korábban ajánlott és hatékonyan alkalmazott alapelvek, megoldások – esetleg eltérő módon – tervezett vagy ténylegesen alkalmazott átvételére szintén számos konkrét példa létezik.⁶⁸ Az alábbiakon kívül a környezetvédelmi megállapodásokban olyan előző „minták” értelemszerű alkalmazására is sor került, amelyek összefüggtek a hatálybalépés feltételeivel, a vállalások teljesítésének elősegítésével vagy a vitarendezéssel.⁶⁹

- *Az elővigyázatosság* alapján, habár még nem ezzel a megnevezéssel – a más államokat is érintő környezeti károkozás kockázata, tehát még nem annak tényleges bekövetkezése, igazoltsága esetére – nemzetközi szinten érvényesíthető/érvényesítendő rendelkezés szerepelt már a világűr kutatásáról szóló nyilatkozatban és egyezményben [UN, 1962; OST,

⁶⁴ (28.) „Reducing or eliminating anthropogenic mercury releases will require controlling releases from mercury-contaminated raw materials and feedstocks as well as reducing or eliminating the use of mercury in products and processes.”

⁶⁵ „CO₂ capture and sequestration should be viewed as an insurance policy. This mitigation strategy is an end-of-pipe option, although, in general, a pollution prevention strategy is preferred.” (163. o.)

⁶⁶ „a destruction process is one which, when applied to controlled substances, results in the permanent transformation, or decomposition of all or a significant portion of such substances” (VCPO/MP, First Meeting of the Parties, 1989)

⁶⁷ Part III. Control over disposal of hazardous wastes: 12. Duty to ensure safe disposal

⁶⁸ Három nemzetközi levegőkörnyezeti megállapodás esetében részletesen ismertettünk ilyen precedenseket egy korábbi tanulmányunkban (lásd a 3. és 4. fejezeteket).

⁶⁹ Kocsis-Kupper Zsuzsanna egyik írásában mutatta be a nemzetközi jogkövetési, végrehajtási, kikényszerítési, vitarendezési témakör lényegét [Kocsis-Kupper, 2003: VII. 65-69. o.].

1967⁷⁰]. A tengerjogi egyezményben ugyanezt jelenítették meg: a tengeri környezet lehetséges szennyezését okozó tevékenységekre, illetve a szennyezés következtében (csak) valószínűsíthetően bekövetkező káros hatásokra való hivatkozások [UNCLOS, 1982⁷¹]. Az ózonréteg-védelmi bécsi egyezmény az elővigyázatosságból előzetesen megtett egyes intézkedésekre utalt (VCPO, 1985), majd a „Környezet és fejlődés világbizottság” környezetjogi munkacsoportja is 1986-ban néven nevezte az elővigyázatosságot, amit környezeti alapelvként végül befoglaltak az 1992. évi világtalálkozó nyilatkozatába is [WCED, 1987⁷²; UN, 1992⁷³]. Úgy tekinthetjük, hogy az említettek fordulópontok voltak a megközelítés jelentőségének elismerésében. Ez tükröződött az olyan környezeti megállapodásokban, programokban, mint: az ózonvédelmi Montreali Jegyzőkönyv (1987), az ENSZ klímapolitikai egyezménye (1992), az állékony szerves szennyező anyagokkal foglalkozó egyezmény (SC, 2001), a vegyi anyagok – köztük a toxikus anyagok, a veszélyes hulladékok, a nehézfémek – megfelelő kezelésének stratégiája (SAICM, 2006). Minden egyes ilyen ügyben a tudományos bizonyosság erősödése hozta magával azt, hogy az elővigyázatosságra alapozott kezdeti célokat, előírásokat sokkal konkrétabbak, határozottabbak követték.

- *A közös, de megkülönböztetett felelősség* elfogadása ugyancsak kulcsfontosságú volt a globális környezeti témákban a nemzetközi programok, megállapodások kidolgozásánál. Ennek az elvnek sokféle értelmezésével és az alkalmazására is többféle indoklással találkozhatunk a szakirodalomban. A valamely globális probléma kialakulásáért a fejlett és a fejlődő országok eltérő történelmi felelőssége vont a maga után, hogy erre a két országcsoportra különböző kötelezettségeket határoztak meg. A különbségek egyaránt vonatkoztak a természeti erőforrások felhasználására és a környezetszennyezésre [Munasinghe & King, 1991⁷⁴]. Ezzel csak részben függ össze az egyes országok lehetősége (képessége, kapacitása) az adott probléma miatt szükséges intézkedések megtételére [Jolly

⁷⁰ Art. IX. „If a State Party to the Treaty has reason to believe that an activity or experiment planned by it or its nationals in outer space [...] would cause potentially harmful interference with activities of other States Parties in the peaceful exploration and use of outer space [...] it shall undertake appropriate international consultations before proceeding with any such activity or experiment.”

⁷¹ Art. 1.: „(4.) "pollution of the marine environment" means, the introduction by man, directly or indirectly, of substances or energy into the marine environment, including estuaries, which results or is likely to result in such deleterious effects as harm to living resources and marine life, hazards to human health, hindrance to marine activities, including fishing and other legitimate uses of the sea, impairment of quality for use of sea water and reduction of amenities.” Art. 204.: „(1.) States shall, consistent with the rights of other States, endeavor [...] to observe, measure, evaluate and analyse, by recognized scientific methods, the risks or effects of pollution of the marine environment.”

⁷² Annex I. Summary of Proposed Legal Principles (1986): „11. States shall take all reasonable precautionary measures to limit the risk when carrying out or permitting certain dangerous but beneficial activities and shall ensure that compensation is provided should substantial transboundary harm occur even when the activities were not known to be harmful at the time they were undertaken.”

⁷³ Rio Declaration on Environment and Development: „Principle 15. In order to protect the environment, the precautionary approach shall be widely applied by States according to their capabilities. Where there are threats of serious or irreversible damage, lack of full scientific certainty shall not be used as a reason for postponing cost-effective measures to prevent environmental degradation.”

⁷⁴ „The development of the presently industrialized countries took place in a setting which emphasized needs and de-emphasized limitations. The development of these societies have effectively exhausted a disproportionately large share of global resources - broadly defined to include both the resources that are consumed in productive activity (such as oil, gas and minerals), as well as environmental assets that absorb the waste products of economic activity and those that provide irreplaceable life support functions (like the ozone layer). [...] The division of responsibility in this global effort emerges from the above arguments.” (2-3. o.)

& Trivedi, 2021⁷⁵]. A fejlettek nagyobb felelőssége már az 1972. évi stockholmi konferencia előkészületei során felmerült, majd sokkal konkrétabb módon az 1987-ben az ENSZ-közügyülés által jóváhagyott két jelentésben [Sohn, 1973⁷⁶; UN, 1987⁷⁷; WCED, 1987⁷⁸]. Az utóbbi dokumentumban arra is utaltak, hogy a veszélyes hulladékok főképpen a fejlett országokban keletkeztek, és azoktól részben úgy szabadultak meg, hogy valahol a tengerbe süllyesztették.⁷⁹ Az ózonkárosító vegyi anyagok és a „karbonemissziók” esetében hasonlóak voltak a környezetterhelési arányok [GORMP, 1985⁸⁰; Getu, 2012⁸¹]. Ez is indokolhatta azt, hogy úgy az ózonréteg-védelmi, mint az éghajlatvédelmi megállapodásokban eltérő kötelezettségeket fogadtak el a két országcsoporthoz számára (VCPO/MP, 1987; UNFCCC, 1992). E környezetpolitikai alapelv leggyakrabban idézett megfogalmazása a „Riói Nyilatkozat”-ból való [UN, 1992: 7. alapelv]. Egyaránt erre hivatkozott a klímapolitikai egyezményt „szigorító” Párizsi Megállapodás (UNFCCC/PA, 2015), az egyezmény az állékony szerves szennyezőkről (SC, 2001), illetve közvetve a legújabb ózonréteg-védelmi jogi eszköz, azaz a Montreali Jegyzőkönyv Kigali Módosítása is a fejlődő országokra érvényes új előírások megadásával (VCPO/KA, 2016). Nagyobb felelősségüket elismerve a fejlett országok vállalták, hogy támogatják a fejlődőket e megállapodásokból adódó feladataik végrehajtásában: a Montreali Jegyzőkönyv alapján e célra létrehozott Multilaterális Alap mintájára jött létre a Globális Környezeti Alap (GEF), a fentebb említett környezetvédelmi egyezményekhez is kötődő pénzügyi támogatási mechanizmusként.⁸²

- *Környezetvédelmi kötelezettség teljesítésének „exportálása”*. Bizonyos nemzetközi megállapodásokban az egyes országok (a megállapodásban részes államok, felek) részére számszerűsített, illetve feltételekhez kötött környezeti erőforráshasznosítás- vagy környezetszennyezés-korlátozó kötelezettségeket szabtak meg, de lehetővé vált, hogy azokat

⁷⁵ „When the CBDR principle is applied to the environmental context and environmental-related global goals (such as climate change mitigation), the underlying idea for differentiation lies in the heart of historic responsibility; in case of non-environmental related global goals (such as social and economic development), the core idea for differentiation thrives at the center of different national "capacities and priorities" which each State carries.” (38. o.)

⁷⁶ Chinese proposal for principle 4 of the Stockholm Declaration: „At the present stage, the world environmental issue falls into two categories. In the developing countries, most of their environmental problems are caused by under-development which prevented them from taking energetic measures to improve the environment. [...] As to the few highly industrialized countries, where pollutions are most serious and even endanger the environment of neighbouring countries and that of the world, the speedy solution of this problem has become the strong desire of the people of the countries concerned and the world as a whole.”

⁷⁷ 68. Recommended action: „(c) Development co-operation institutions should increase significantly their assistance to the developing countries for environmental restoration, protection and improvement”

⁷⁸ „103. The onus lies with no one group of nations. Developing countries face the obvious life-threatening challenges of desertification, deforestation, and pollution, and endure most of the poverty associated with environmental degradation. [...] Industrial nations face the life-threatening challenges of toxic chemicals, toxic wastes, and acidification. All nations may suffer from the releases by industrialized countries of carbon dioxide and of gases that react with the ozone layer, and from any future war fought with the nuclear arsenals controlled by those nations.”

⁷⁹ „75. Industrialized countries generate about 90 per cent of the world's hazardous wastes.”

⁸⁰ „High growth rates for CFCs 11 and 12 seen in OECD countries in the 1960's and 70's are not expected to return, even in developing countries where current demand is small.” (77. o.)

⁸¹ „For instance, developed countries with less than 25% of the world's population were consuming 88% of the CFCs, which is over 20 times the per capita consumption of the developing countries. Similarly, developed countries are responsible for two-thirds of global carbon emissions from fossil fuel use in 1993. [...] Hence, developing nations claim that developed countries are disproportionately responsible for creating ozone depletion and climate change problems, and they should take the lead in devising the solutions as well.” (13-14. o.)

⁸² A Globális Környezeti Alapból számos „átmeneti gazdaságú” közép- és kelet-európai ország, köztük Magyarország is kaphatott támogatást egyebek mellett az ózonréteg- és a klímavédelmi megállapodásokból fakadó kötelezettségeik teljesítéséhez [Pató & Faragó, 2004].

két vagy több részes fél közösen teljesítse. A korai példák közé tartoztak a nyílt tengeri területeken a halászati korlátozások, az 1946. évi bálnavadászati egyezmény (IWC) megkötése utáni egyezkedések az 1960-as évektől kezdődően a feleknek jutó fogási mennyiségekről (kvótákról) és azoknak valamely más fél részére történő átadási, eladási feltételeiről [Holt, 2001]. Veszélyes hulladékok esetében a „hulladékkereskedelem” sokszor egy fejlett országból a megfelelő szabályozással, technológiával nem rendelkező és így e hulladékot „olcsóbban” befogadó – de a hátrányos hatásaival nem számoló – fejlődő országba irányult. Az ártalmas hatásokra egy 1987-re elkészült jelentés hívta fel a figyelmet, és ugyanabban az évben fogadtak el egy részletes útmutatót a veszélyes vegyi anyagok és hulladékok exportjának nemzetközi feltételeiről [UN, 1987⁸³; UNEP, 1987⁸⁴]. E precedenseknek, illetve előkészítésüknek is szerepe volt abban, hogy: a veszélyes hulladékok kereskedelméről egyezmény született (BC, 1989). Az ózonréteg-védelmi Montreali Jegyzőkönyv alapján „elvben” lehetővé vált az érintett vegyi anyagok termelési kvótáinak nemzetközi adásvétele, de e lehetőséggel kevesen éltek (VCPO/MP, 1987); a klímavédelemről szóló Kiotói Jegyzőkönyv és Párizsi Megállapodás pedig rendelkezett az üvegházhatású gázok „emissziókereskedelmének” bevezetéséről (UNFCCC/KP, 1997; UNFCCC/PA, 2015).⁸⁵

* * *

A társadalmak környezetterhelő tevékenysége összességében globális jelentőségűvé, planetáris kiterjedésűvé vált. Ez különösen érvényes különböző vegyi anyagok – köztük a toxikus nehézfémek – környezeti kibocsátására, a veszélyes hulladékok mennyiségének növekedésére, terjedésére és „terjesztésére”, az ózonréteg és az éghajlati rendszer hosszabb időn át fennmaradt viszonylag stabil állapotának veszélyeztetésére. Ezek a folyamatok a környezeti globalizáció felettébb káros hatású és részben egymáshoz is kapcsolódó összetevői, amelyek szoros összefüggésben vannak sokféle természeti erőforrás gyorsuló ütemű fel- és elhasználásával is. Az említett és a továbbiakban részletesen taglalt, értékelt környezetterhelési folyamatok mindegyikére és együttesen is vonatkozik az ENSZ Emberi Jogi Tanácsának állásfoglalása a tiszta, egészséges és fenntartható környezethez való emberi jogról és ezt megerősítette az ENSZ Közgyűlése is egy külön határozatában [UNHRC, 2021; UN, 2022⁸⁶]. Ugyanez érvényes egyebek mellett: az okok és ok-okozati összefüggések tudományos feltárásának jelentőségére, a megelőzés elsőbbsége mellett a káros hatások mérséklésének fontosságára, vagy a kialakult globális környezetkárosító helyzetért és annak megoldásáért a társadalmak közös, de megkülönböztetett felelősségére.

⁸³ (64.): „There is a growing awareness of the hazards associated with trade in chemicals, pesticides and some other products” (68.j): „Trade in hazardous industrial products, such as toxic chemicals and pesticides, and in some other products, such as pharmaceuticals, should be subjected to regulations to ensure sharing by the contracting parties, Governments and consumers of information on their environmental and health implications and on methods for their safe use and disposal.”

⁸⁴ Cairo Guidelines: „At present time, waste management differs substantially in different regions of the world, particularly according to their state of economic development. [...] Although the guidelines have not been prepared specifically to address the situation of the developing countries, they nevertheless provide a framework for effective and environmentally sound hazardous waste management policies in those countries.” (3. o.)

⁸⁵ Az országhatárokon áterjedő levegőszennyező anyagokról szóló páneurópai egyezmény 1994. évi jegyzőkönyve is lehetővé tette az „együttes végrehajtást”, de ennek szabályait később sem rögzítették. A levegőkörnyezet-védelmi megállapodások által biztosított kvótakereskedelmi rendelkezéseket és az EU emisszió-kereskedelmi rendszerét részletesebben bemutattuk egy korábbi tanulmányban [Farágó, 2011].

⁸⁶ The General Assembly „1. Recognizes the right to a clean, healthy and sustainable environment as a human right; 2. Notes that the right to a clean, healthy and sustainable environment is related to other rights and existing international law; 3. Affirms that the promotion of the human right to a clean, healthy and sustainable environment requires the full implementation of the multilateral environmental agreements under the principles of international environmental law”

1. MÉRGEZŐ ÖRÖKSÉGÜNK: A TOXIKUS NEHÉZFÉMEK

„Az edénybe a bor tetejére kerül a szőlőszirup [...], amelynek főzéséhez ólomedényt kell használni.”

Pliny, A.D. 75⁸⁷

„Errefelé egy Kalapos lakik [...] arrafelé meg Áprilisi Bolondja, mindketten bolondok.”

Lewis Carroll, 1865⁸⁸

„Az itai-itai betegséget krónikus mérgezés váltja ki attól a kadmiumtól, ami a Jinzu folyóba kerül”

Noboru Hagino, 1956⁸⁹

- 1.1. Az ólom és a higany ártalmainak félreismerése, majd felismerése
 - 1.1.1. A toxikus nehézfémek hasznosítása: „tündöklésük és bukásuk”
 - 1.1.2. A higany káros hatásainak feltárása
 - 1.1.3. Az ólomadalék az autóbenzinben: „a 20. század legnagyobb tévedése”
 - 1.1.4. A toxikus nehézfémek környezeti kibocsátása és nagy távolságú terjedése
- 1.2. Nemzetközi szakmai-tudományos együttműködés
 - 1.2.1. Együttműködés az ENSZ égisze alatt
 - 1.2.2. Más nemzetközi szakmai szervezetek, hálózatok
- 1.3. A „méregtelenítés”: a nemzetközi programok és megállapodások
 - 1.3.1. Intézményközi környezet- és egészségpolitikai programok
 - 1.3.2. Globális stratégia és cselekvési terv
 - 1.3.3. A toxikus nehézfémek környezeti hatásait érintő megállapodások
 - 1.3.4. Globális egyezmény: a higanyról, de az ólom és a kadmium nélkül
 - 1.3.5. Az ólom és a kadmium használatának globális „szabályozatlansága”
- 1.4. Megválnunk végre e toxikus nehézfémek felhasználásától?
 - 1.4.1. A kötelezettségek megkülönböztetése és a teljesítést támogató eszközök
 - 1.4.2. A „nehézfémes” nemzetközi programok, megállapodások végrehajtása
 - 1.4.3. A környezeti hatékonyság fokmérői: a tényleges folyamatok
 - 1.4.4. A tudományos és politikai együttműködés erősítésének szükségessége
- 1.5. Következtetések és tanulságok

Az ólomot, a higanyt, a kadmiumot és különböző vegyületeiket sokféleképpen hasznosították ipari eljárásokban és termékekben, de e toxikus nehézfémes anyagok nemcsak ezekből kerültek akarva vagy akaratlanul a környezetbe, hanem más tevékenységekből eredően is. Kibocsátásukat követően ezek a szennyező anyagok nagy távolságokra eljuthattak, így távol a kibocsátási forrásuktól is kifejthették egészség- és környezetkárosító hatásukat. Hosszú idő telt el e hatások azonosításáig, majd a toxikus nehézfémek felhasználását és környezeti kibocsátását korlátozó nemzetközi megállapodások, programok kidolgozásáig. E globálissá vált környezeti

⁸⁷ Ókori recept a bor tartósítására és édesítésére: az ólomedényben készült sűrítménybe, majd a borba kerülő ólom ártalmas „mellékhatásait” csak később azonosították. (Naturalis historia, Lib. XIV)

⁸⁸ Az oxfordi matematikaprofesszor Lewis Carroll „Alice Csodaországban” c. regényében a bolond Kalapos azoknak a londoni kalapkészítőknek a mesebeli megszemélyesítője, akik nem ismerték fel, hogy a munkafolyamatban használt higanynitrátból származó higanygőztől betegedtek meg. (Alice in Wonderland)

⁸⁹ E fájdalmas betegség okát először Japánban Noboru Hagino derítette ki: a Jinzu folyó vizét többféle módon hasznosították, miközben egy bányából és fémkohóból más szennyező anyagok mellett kadmium is került a folyóvízbe [Singh, 2005: 82. o.].

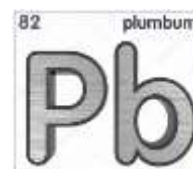
probléma alakulását és az ehhez kapcsolódó nemzetközi együttműködés fejlődését mutatjuk be és értékeljük ebben a fejezetben.

1.1. AZ ÓLOM ÉS A HIGANY ÁRTALMAINAK FÉLREISMERÉSE, MAJD FELISMERÉSE

1.1.1. A toxikus nehézfémek hasznosítása: „tündöklésük és bukásuk”

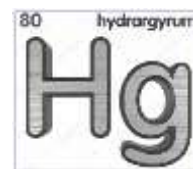
A nehézfémek sorában a higany, a kadmium és az ólom, illetve ezek számos vegyülete különösen ártalmasnak bizonyult az emberi egészségre és a környezetre. A higanyt és az ólmot hosszú időn át és sokféleképpen hasznosították anélkül, hogy kellőképpen felismerték volna a káros hatásait. A higanyt folyékony ezüstnek is nevezték, a kadmium és az elemi ólom ugyancsak ezüstös színű, azaz képletesen szólva e három nehézfém sokáig „tündökölt” – vegyületeikkel egyetemben – sokfajta alkalmazásban, mígnem a veszélyes hatásai miatt megkezdődött a felhasználásuk korlátozása, fokozatos megszüntetése.

Az ólmot ősidők óta használták hozzáférhetősége, könnyű megmunkálhatósága miatt. Ezzel az anyaggal az alkímiában is kísérleteztek. A sokoldalú felhasználási területek közül csak néhányat említünk.



- Az ólommal készült vízvezetékek, edények mellett talán a legellentmondásosabb alkalmazás egy félreismert ártalmat is okozó borédesítő ólomvegyület volt (ólom^(II)-acetát), amely egyes források szerint hozzájárulhatott a Római Birodalom hanyatlásához is [Gilfillan, 1965⁹⁰]. A középkortól kezdve újabb széles körű felhasználási lehetőségek adódtak: ólomüveg, lőszer, nyomdai ólombetűk, ólomtartalmú rozsdálló festékek (ólom-oxid avagy minium) stb.
- Már az ókorban felmerült az egészségkárosítás lehetősége, de a veszélyes egészségi és környezeti hatások beható vizsgálata csak a 19. század végétől indult el, és hosszú ideig tartott, mire a tudomány köreiben ezeket illetően egyetértés alakult ki [Needleman, 2004; Rosner, 2005; Riva, 2012⁹¹]. Ezt követően kezdték csak több országban korlátozni az ólom egyes alkalmazásait, így pl. az ólomtartalmú festékekét.
- Az ólom új „karrierbe” kezdett a 20. század első felében az ólomakkumulátorokban, valamint az autóbenzin adalékanyagaként (ólom-tetraetil). Ennek következtében gyorsan bővült a globális ólomtermelés, amit egy átmeneti visszaesés követett – miután több országban az 1970-es évektől előbb mérsékeltek, majd megszüntették az ólmozott benzin használatát –, az ezredforduló után azonban az ólomfelhasználás újra ütemesen emelkedett elsősorban az ólomakkumulátorok iránti kereslet növekedésével [Mohr et al., 2018].

A higany alkalmazása néhány évezredes múltra tekint vissza, és ez sokáig anélkül történt, hogy súlyos egészségkárosító hatásairól tudtak volna [Czaika & Edwards, 2014].



⁹⁰ „We present here a completely new explanation for the Roman decay. It is derived [...] from such firm sciences as toxicology, vital statistics, archeology, and evidence such as old bones and old Roman recipes and lead-lined pots for brewing poisons esteemed as delicious by the ancient well-to-do.” (53. o.)

⁹¹ „Lead poisoning is one of the earliest identified and most known occupational disease. Its acute effects have been recognized from antiquity when this condition principally afflicted manual workers and slaves, actually scarcely considered by the medicine of that time. The Industrial Revolution caused an epidemic of metal intoxication, urging scientists and physician of that period to study and identify specific symptoms and organ alterations related to chronic lead poisoning. During the 20th century, the acknowledgment of occupational and environmental toxicity of lead fostered public awareness and legislation to protect health.” (11. o.)

- Ezt a fémeket az ókorban csodaszernek vélték, ami elősegíti az egészség megőrzését [Rustagi & Singh, 2010⁹²]. Festékként való felhasználása a cinóber ásvány (higany-szulfid) vöröses színéből adódott. Később a higanyt az aranybányászatban, aranymosásban kezdték alkalmazni. A 18. századtól különféle találmányoknak köszönhetően rohamosan nőtt a higany iránti igény. A „folyékony ezüst” néhány jellegzetes alkalmazása [Faragó, 2015]: mérő-, világítási és más eszközök (hőmérő, nyomásmérő; higanygőz-lámpa, fénycső; higanyoxidos szárazelem); gyógyászati és más szerek (bőrbetegségekre, etil-higanyos „thiomersal” védőoltások tartósítására, fogászati amalgám alkotórészeként, illetve növényvédő szerekben). Ipari-technológiai folyamatokban is jól hasznosult: a klór-alkáli iparban – így a papírgyártásban a fehérítéshez használt klór előállításához – az elektrolízis higanykatódjaként; a PVC-gyártáshoz szükséges alapanyag (VCM) elkészítéséhez katalizátorként.
- A különböző célú felhasználások következtében a higany környezeti kibocsátása a 19. század második felétől növekedett, a világháborús időszakban visszaesett, majd mennyisége a múlt század közepétől újra ütemesen emelkedett [Streets et al., 2019⁹³]. Az 1990-es évektől azonban a bányászatból és a különböző alkalmazásokból, elhasznált termékekből visszanyert összesített higany mennyiség már a korábbi mennyiség felére csökkent; ezen belül az arany kézműves és kisüzemi bányászatában (ASGM) maradt nagyarányú a higanyhasználat, és elsősorban e forrásból került a legtöbb higanyszennyezés a környezetbe [UNEP, 2006⁹⁴; UNEP, 2013].
- A higany, más nehézfémek és szennyező anyagok „ipari balesetek” nyomán is országhatárokon áttérjedő hatású környezetszennyezést okozhattak, amint az a Rajna mentén történt 1986-ban vagy a Tisza esetében 2000-ben; ezek az esetek is katalizálták e téren a nemzetközi együttműködés és szabályozás fejlesztését [Schwabach, 1989⁹⁵; Faragó & Kocsis-Kupper, 2000, 2001; Katona, 2021⁹⁶].
- A higany egészségre és környezetre veszélyes hatását a múlt század közepétől igazolták (lásd alább) és csak ezután vette kezdetét felhasználásának fokozatos korlátozása.

A kadmium felfedezésére csupán a 19. század elején került sor. Néhány előnyös tulajdonságának köszönhetően többféle alkalmazása terjedt el.



- A legismertebb felhasználási területek: ötvözetekben, korrózióelleni fémbevonatként, forrasztóanyagként, festékként (kadmium-szulfid,

⁹² „Elemental mercury was known to the ancient Greeks, Romans, Chinese, and Hindus. Each civilization had its own legends about mercury, and it was used as everything from a medicine to a talisman.” (45. o.)

⁹³ „After 1950 there was a dramatic increase in Hg releases due to the post-war economic boom. This continued until 1970, when preventative measures began to be introduced [...]. The decline in global Hg releases continued after 1970, but may have ended shortly before 2010, as gains from the removal of Hg from commercial products lessened” (420. o.)

⁹⁴ „Largely as a result of increasing awareness and regulation, the global demand for mercury has declined from more than 9,000 metric tonnes annual average in the 1960s, to just under 7,000 metric tonnes in the 1980s, and less than 4,000 metric tonnes since the late 1990s. In 2005, global demand for mercury, on the strength of high gold prices and related strong mercury demand for artisanal and small-scale gold mining, remained in the vicinity of 3,000-3,900 metric tonnes per year” (55. o.)

⁹⁵ „The chemicals that washed into the Rhine at Schweizerhalle formed a red toxic trail 70 kilometers long moving downstream at 3.7 kilometers per hour. [...] Swiss officials later stated that about 200 kilograms of mercury had washed into the river [...]. A later estimate put the amount of mercury at two tons.” (446. o.)

⁹⁶ „As it was proven by the cyanide and heavy metal contamination in the year 2000 on the River Tisza, the problem of environmental pollution cannot be solved within the traditional (modern) framework of nation-state sovereignty. For the solution of an environmental crisis, the limitation of nation-state sovereignty and a new type of international cooperation would be needed that takes ecological aspects into consideration.” (5-6. o.)

kadmium-szelenid), nikkel-kadmium akkumulátorokban. Jelenleg ez utóbbihoz kötődik a kadmium felhasználásának közel négyötöde.

- A 20. század közepétől ütemesen nőtt a kadmium iránti kereslet és ezzel párhuzamosan az ezredfordulóig a bányászata (mindenekelőtt a cink-bányászat és -feldolgozás „melléktermékeként”), a finomítással és később az újrahasznosítással is előállított, felhasznált mennyisége [UNEP, 2010].
- A kadmium ártalmasságával először egy Japánban történt tömeges megbetegedés kapcsán szembesültek az 1960-as években a Jinzu folyó térségében, amelynek öntözésre is használt vizébe egy bányából és fémöntödéből került e toxikus szennyező anyag [Singh, 2005⁹⁷; Aoshima, 2016]. Máshol is hasonló módon okozott a kadmium káros hatásokat, így például a Rajna mentén [Jolánkai et al., 1993]. E fém és vegyületeinek egészségi és környezeti ártalmait az 1970-es évektől kezdték részletesebben feltárni [Fleischer et al., 1974⁹⁸; Hiatt & Huff, 1975; Carruthers & Smith, 1979]. Ezt követően a rendelkezésre álló sokkal kiterjedtebb megfigyelési adatok és vizsgálati információk alapján lett teljesebb a kép a toxikus hatásokról [WHO/IPCS, 1992a, 1992b; UNEP, 2010], beleértve annak tisztázását is, hogy „a kadmium egészen alacsony kitettségi (expozíciós) szintek esetében is akut és krónikus hatású.” [NCM, 2003]

Az arzén bár „csak” félfém (metalloid), de toxicitása miatt néha a „mérgező nehézfémekkel”, azaz az ólommal, a higannyal és a kadmiummal együtt említik.

- Az arzén veszélyessége már az ókortól ismert volt: az „arzénfüst” belélegzésekor vagy az arzénmérregnek (arzén-trioxid) szervezetbe jutásakor vagy juttatásakor (!).
- Különféle vegyületeit (pl. arzén-szulfid) többféleképpen használták és használják jelenleg is [Holmyard, 1931; Tchounwou et al., 2012].

1.1.2. A higany káros hatásainak feltárása

Szinte hihetetlen, hogy milyen hosszú idő telt el addig, azaz a 20. század közepéig, amíg egyértelműen kiderült a higanynak és vegyületeinek – eltérő mértékben és módon megmutatkozó – ártalmas hatása az emberi egészségre és a bioszférára. Sokáig még ott sem készültek rendszeresebb feljegyzések, elemzések a tünetekről, ahol sokakat érinthetett e probléma (pl. bányászok, aranyászok), amiből előbb kitűnt volna az ok-okozati kapcsolat, tehát, hogy higanymérgezésről van szó. Márpedig jóval korábbi felvetések is voltak erről: például 1810-ben egy brit hajón szállított, de szétfolyt higany és a légénység megbetegedésének összefüggéséről [Burnett, 1823⁹⁹].

⁹⁷ „In 1956, Noboru Hagino announced his opinion that the "itai-itai disease was a form of bone brittleness (osteomalacia) that came from malnutrition." But later, the fact that the outbreak was concentrated in a limited area along the Jinzu river basin, lead him to announce his explanation that the itai-itai disease was chronic cadmium poisoning caused by heavy metals such as zinc and lead contained in water of the Jinzu River.” (82. o.)

⁹⁸ „Cadmium was recognized many years ago to be a highly toxic element, and the need for precautions in industrial operations in which workers were exposed to dusts and vapors of the element or its compounds had long been known. It was not, however, until comparatively recently that concern began to be expressed over the possible effects on human health of exposure over long periods to low concentrations of cadmium, in part because of its steadily increasing consumption and consequent increase in the general environment” (254. o.)

⁹⁹ „The heat of the weather was at this time considerable, and the bladders, having been wetted in the removal from the wreck, soon rotted, and the mercury, to the amount of several tons, was speedily diffused through the ship [...]. In the space of three weeks from the mercury's being received on board, two hundred men were afflicted with ptyalism, ulcerations of the mouth, partial paralysis in many instances, and bowel complaints.” (403. o.)

A higany egészségkárosító hatása. E hatás pontosabb megismeréséhez és közismertté válásához az alábbi esetek vezettek el. Ezeknél rögzítették a tüneteket és azt is, hogy hozzávetőlegesen mennyi higanyvegyület került a panaszokkal jelentkező emberek szervezetébe. A higany sokoldalú alkalmazásának történetében, az egészségre és a környezetre gyakorolt veszélyességének megértésében ezek hozták el a fordulatot.

- Japánban a tengerparti Minamata településen működő egyik üzemben – a Chisso cég vegyi gyárában – az 1950-es évektől a műanyag-, kozmetikum- és gyógyszergyártáshoz szükséges acetaldehid előállításához katalizátorként higany-szulfátot használtak. A minamatai tengeröbölbe engedett ipari szennyvízbe a higanyszennyezés már egy különösen mérgező szerves vegyület formájában került (metil-higany). Ez a halak és más tengeri élőlények szervezetében felhalmozódott, az azokkal táplálkozó lakosoknál pedig megjelentek a higanymérgezés tünetei. Az 1950-es évek közepétől kezdve több ezer embernél diagnosztizáltak különböző idegrendszeri és mozgásszervi károsodást, mintegy hatszáz halálesetet is rögzítettek. 1959-1962 folyamán egy japán egyetem (Kumamoto) kutatói kimutatták, hogy a szerves higanyvegyület volt a tömeges „Minamata betegség” oka, de a vállalat elhárította a felelősségét és nem hozta nyilvánosságra saját vizsgálatainak eredményeit [Hachiya, 2006¹⁰⁰]. A károkozás elismerését nyilvánvalóan hátráltatta az ahhoz a termelési eljáráshoz kötődő ragaszkodás is¹⁰¹, amely megfelelt a cég gazdasági érdekeinek [Amasawa et al., 2016¹⁰²]. Végül hosszadalmas szakértői és bírósági eljárással kimutatták az ok-okozati összefüggést, kártérítésre és a környezetszennyezés felhagyására kötelezve a felelősöket [MoE, 2002]. Az 1960-as évek közepétől egy másik japán cég (Showa) került hasonló helyzetbe: elvitatta, hogy a vegyi gyárából a közeli folyóba engedett higanyos szennyvíz okozta volna sok száz lakos megbetegedését, és a higanyszennyezés okának más kibocsátó forrást jelölt meg. E „második Minamata eset” is a félrevezető érvek elvetésével, azaz ellenbizonyítással zárult [Harada, 1972].
- Az 1970-es évek elején bekövetkezett tömeges iraki higanymérgezések ugyancsak hozzájárultak a higany és általában a toxikus nehézfémek, illetve vegyületeik veszélyességének felismeréséhez és ahhoz, hogy e témakörben létrejöjjön a nemzetközi együttműködés. A külföldről megrendelt – a behozatalt intéző iraki kormányzati szervek kérésére higanyvegyületet tartalmazó szerrel csávázott – gabonamagok nagy részét az ahhoz hozzájutó lakosok nem elvetették, hanem hónapokon keresztül kenyérsütésre használták. Elmaradtak az elemi elővigyázatossági intézkedések, beleértve a tájékoztatást a mérgezés veszélyéről; emiatt sokak szervezetébe jelentékeny higanydózis került. Hetezernél több kóros esetet, több mint négyszáz halálesetet regisztráltak. A vizsgálatokba bekapcsolódtak a WHO szakemberei is és a hatásmechanizmus megértésének szempontjából kulcsfontosságú lett,

¹⁰⁰ „A Chisso engineer successfully isolated methylmercury in the waste from the acetaldehyde synthesizing process of the factory in 1961. However the company did not release the findings. In the following year, the isolation of the methylmercury was published by members of the Kumamoto University Research Group [...] from not only the shellfish in the Minamata Bay but also the sediment of the bay.” (115. o.)

¹⁰¹ „technological inertia”, „technological lock-in” (technológiai „tehetetlenség” avagy „bezáródás”)

¹⁰² „During the post-war rebuilding years the production of materials such as polyvinyl chloride was important, and Chisso switched [...] to the established commercial method [...] in order to increase the production output. This method required the use of another oxidizing agent [...], producing even more methyl mercury in the process” (98. o.)

hogy feljegyezték a betegek higanyterhelését, illetve annak függvényében a kóros tüneteket [WHO, 1976; Skerfving & Copplestone, 1976¹⁰³; Takizawa, 2009].

Kiterjedt megfigyelések és elemzések igazolták az elmúlt évtizedekben a higany és vegyületeinek alkalmazásaiból, környezeti kibocsátásából eredő ártalmakat az emberi egészségre és a bioszférára [WHO/IPCS, 1989; UNEP/GMA, 2002; Tchounwou et al., 2003; Greer et al., 2006; WHO, 2007].

- „A higany a környezetben mindenütt jelenlévő toxikus anyag, amelynek sokféle káros egészségi hatása van az emberekre”, elsősorban az ilyen szennyező anyaggal terhelt levegő belélegzése és a higanyt tartalmazó élelmiszer (folyami és tengeri halak) fogyasztása által [Goldman et al., 2001¹⁰⁴].
- „A higanyra vonatkozó tudományos kutatások és a politikai intézkedések évtizedei ellenére, a toxikus metil-higany expozíció továbbra is kockázatot jelent az emberekre és a környezetre. [...] A higannyal kapcsolatos kutatások több olyan tudományág területét érintik, mint a kémia, a biológia, a toxikológia és a közegészség. A különböző szintű szabályozó hatóságok az idők során ugyan kidolgoztak higanypolitikákat [...] a bővülő tudományos ismeretek alapján, e környezeti problémák mégis fennmaradtak.” [Selin, 2011: 19. o.]

1.1.3. Az ólomadalék az autóbENZINben: „a 20. század legnagyobb tévedése”

Az ólom használata nagyon régi keletű és bár érzékelhetőek voltak néminemű mellékhatások, de ezek nem látszottak eléggé megalapozottnak vagy kiterjedtnek, miközben e fém felettébb hasznosnak bizonyult. A 20. század elejére kellő ismeret állt rendelkezésre a közvetlenebbül (például ivóvízzel) a szervezetbe jutó ólom egészségi ártalmairól, valamint a káros ökológiai hatásokról, aminek nyomán megkezdődött egyes alkalmazások korlátozása, megszüntetése.

Egy különös ólomvegyület, az ólom-tetraetil felhasználása az 1920-as évektől gyorsan emelkedett: e benzínbe kevert „kopogásgátló” adalékból származó légköri szennyezőanyag-kibocsátás hatásait viszont sokáig elhanyagolhatónak ítélték meg a felhasználás előnyeire képest.

- Az 1960-as években német szakértők felhívták a figyelmet a lehetséges egészségkárosításra, miközben francia részről állították, hogy e kibocsátás nem jár semmilyen egészségi vagy környezeti veszéllyel; mégis a német fél az 1970-es években előírta az üzemanyagban az

¹⁰³ „Between 15 September and the first week of December 1971, 73 000 t of wheat and 22 000 t of barley, treated with organomercury seed dressing agents, were distributed in Iraq. The seed was intended for planting but, owing to a series of unfortunate circumstances, an unknown quantity of the wheat was used by a farmer for making bread [...]. It can therefore safely be concluded that the only important exposure to mercury was through bread, and that the mercury was in the form of methylmercury. [...] a dose-response relationship existed between the intake of contaminated loaves and the prevalence of symptoms and signs” (102-103. o.)

¹⁰⁴ „Mercury is a ubiquitous environmental toxin that causes a wide range of adverse health effects in humans. [...] Readily absorbed after its inhalation, mercury can be an indoor air pollutant, for example, after spills of elemental mercury in the home; however, industry emissions with resulting ambient air pollution remain the most important source of inhaled mercury. Because fresh-water and ocean fish may contain large amounts of mercury, children and pregnant women can have significant exposure if they consume excessive amounts of fish” (197. o.)

ólomadalék mennyiségének a csökkentését (literenként 0,6gPb-ről előbb 0,4gPb-re, majd 0,15gPb-re) [Storch et al., 2002¹⁰⁵].

- Az USA-ban ugyanekkor polémia folyt a súlyos hatásokra figyelmeztető egyik független geokémikus szakértő, Clair C. Patterson és az ólom-adalékanyag miatti kibocsátások veszélytelenségét hangoztató, annak előállításában érintett cég által felkért toxikológiai szakértő, Robert A. Kehoe között [Needleman, 2000]. Patterson azokra a tényadatokra hivatkozott, amelyek szerint a városi lakosok vérében magas az ólomkoncentráció, ami annak tulajdonítható, hogy ólommal szennyezett levegőt lélegeznek be [Patterson, 1965¹⁰⁶]. Kehoe ellenérvei szerint: a környezetben meglévő, természetes eredetű és ugyanilyen viszonylag alacsony szintű ólom mennyiséghez már hozzászokott az emberiség („biológiailag alkalmazkodott ahhoz”). Patterson ezt teljességgel megalapozatlannak tartotta¹⁰⁷; tántoríthatatlanságát – a Galileo Galileinek tulajdonított mondás nyomán – „*eppur*” érvelésnek is nevezhetnénk, miszerint mégis a „makacs tényeknek” kell helyt adni, és azok által kell meggyőzni másokat [Faragó, 2018a]. E vita az egészségi és az ökológiai hatásokról más szereplők bekapcsolódásával hosszú időn át folytatódott, kezdve egy 1966-os szenátusi bizottsági meghallgatással, majd az időközben létrehozott kormányzati Környezetvédelmi Ügynökség (EPA, 1970-) közreműködésével.

Az ólomadalékból eredő egészségkárosítás. A káros hatásról egyre több adat látott napvilágot, és ennek betudhatóan ritkult e hatás megalapozatlanságáról és az ólomadalék csökkentése miatti gazdasági veszteségekről szóló állítások hangoztatása.

- Elővigyázatosságból az USA-ban is elindult az üzemanyag-ólomadalék fajlagos mennyiségének fokozatos csökkentése, majd e folyamatban „a” fordulatot a fent említett 1966-os meghallgatás jelentette, amely végül azzal zárult, hogy – három évtized (!) múltán – 1996-tól betiltották a közúti gépjárműforgalomban használt benzin „ólmozását” [EPA, 1996].
- Az 1970-as évektől több más országban előbb korlátozták, majd végleg megszüntették az ólomadalék használatát. Ehhez hozzájárult, hogy éppen akkortájt kezdték kifejleszteni a gépjárművek más szennyező kibocsátásainak, így pl. a szén-monoxid kibocsátásának csökkentésére a katalizátort, amelyet tönkretett volna az ólomadalék [Salma, 2010¹⁰⁸]. Carl M. Shy ezt a címet adta a WHO-kiadványban megjelent írásának: „Ólom a benzinben: a 20. század legnagyobb tévedése” [Shy, 1990].

¹⁰⁵ „Lead, in particular, added to gasoline for its anti-knock properties, was perceived as a health threat at this time, given new evidence of its neurotoxicological effects, which are especially severe in children. After lead-based paint and lead solder in water pipes and food cans was prohibited, gasoline lead – tetraethyl and tetramethyl lead additives – became the next target. [...] A preliminary analysis of newspaper coverage shows that gasoline lead-induced health risks were first reported in the German press in the 1960s. Articles in the British press focused not on lead, but on urban smog. And in 1972, a group of French government experts did not acknowledge that any automobile emissions were dangerous” (394. o.)

¹⁰⁶ „uses of leaded pigments and cosmetics are acts equivalent in toxicological function to the more sophisticated acts of using leaded gasolines and insecticides. The term natural should not be applied to concentrations of lead in any substance occurring in any society that utilized lead metallurgy [...]. The industrial use of lead is so massive today that the amount of lead mined and introduced into our relatively small urban environments each year is more than 100 times greater than the amount of natural lead leached each year from soils by streams and added to the oceans over the entire earth.” (344. o.)

¹⁰⁷ „Kehoe displayed the second part of this basic argument: humans have achieved a biological adaptation to lead. Patterson’s precise point was that human’s exposure to lead was new, and that a few thousand years of lead exposure, a Darwinian moment, was nowhere near the time needed to develop adaptive responses.” [Needleman, 2000: 27. o.]

¹⁰⁸ „A katalizátorban a platinafémek tízed és tíz gramm nagyságrendben találhatók. A hatásfok fenntartása miatt a benzin ólmozását is meg kellett szüntetni, mert az ólmozott (és brómozott) üzemanyagból keletkező ólom-halogenid aeroszol bevonta a katalizátor hasznos felületét, azaz katalizátorméregként viselkedett.” (293. o.)

- Ez a paradox helyzet általánosabb érvényű tanulságot is szolgáltatott. Az ebben az ügyben 1976-ban hatályba lépett első intézkedéseket előíró bírósági verdikt egyik megállapítása ugyanis ez volt: „az ember környezetmódosító képessége sokkal gyorsabban fejlődött, mint az a képessége, hogy kellő bizonyossággal előre lássa az általa előidézett módosítások hatásait” [Hoban & Brooks, 2018].

1.1.4. A toxikus nehézfémek környezeti kibocsátása és nagy távolságú terjedése

Ezeknek a nehézfémeknek és vegyületeiknek a világban elterjedt sokféle használata, az emberi szervezetbe és a környezetbe különféle módon való bekerülése és a terjedése által vált globálissá ez a problémakör.

Az ólom és a kadmium légköri kibocsátása elsősorban emberi tevékenységekből ered, majd e szennyező anyagok nagy távolságra juthatnak el a légkörben.

- A toxikus nehézfémek antropogén környezeti kibocsátásai lényegesen változtak az elmúlt évtizedekben. Hosszú időn át az ólom légköri emissziójának jelentékeny forrása volt a közlekedési ágazat (az említett, de azóta betiltott benzines ólomadalék alkalmazásának következtében), valamint bizonyos ipari tevékenységek, a kadmium esetében pedig egyebek mellett a fémkohászat [NCM, 2003¹⁰⁹; Poikolainen et al., 2004¹¹⁰; Bozó, 2005]. Az egészségi hatásaikra tekintettel több helyen – így Magyarországon is – az 1980-as évektől megkezdték e szennyező anyagok környezeti koncentrációjának a mérését, terjedésének vizsgálatát [Mészáros et al., 1988¹¹¹; Bozó et al., 1992].
- A légkörben e szennyezők elsősorban aeroszol-részecskékkel terjednek, az ólom és a kadmium is – az átlagosan többnapos légköri tartózkodási időtartamuk alatt – akár sok száz kilométerre eljuthatnak a kibocsátási forrásuktól mielőtt a felszínre ülepednek [Bozó, 1996¹¹²; Salma, 2010; UNEP, 2010¹¹³].

A higany környezeti kibocsátásának forrásai. A természeti eredetű kibocsátások (pl. vulkáni tevékenység) mellett a fentebb említett felhasználások és az abból keletkező hulladék, illetve

¹⁰⁹ „The dominant sources of atmospheric emission will vary depending on the region or country considered. Non-ferrous metal production as well as combustion of coal and oil and waste incineration should be considered important sources. [...] According to the assessment, by far the major source of cadmium emission to the air is non-ferrous metal production. The estimates should, however, be treated with caution as some sources may be significantly underestimated due to the methodology of the inventories. In particular waste incineration may be underestimated” (3., 8. o.)

¹¹⁰ „Most of the Cd that is released into the atmosphere originates from the processing of iron ore and, in smaller quantities, from the burning of fossil materials and waste. The most important emission source of Pb is vehicle traffic, other emission sources including the metal industry and mining activities. During the last two decades, lead emissions from traffic have decreased considerably, especially in Europe and North America. This has been due to the introduction of unleaded petrol [...]. Lead occurs primarily in the atmosphere in elemental form as aerosol particles or as a number of chemical compounds. In the atmosphere Cd is also primarily attached to aerosol particles” (292. o.)

¹¹¹ „A levegő és a talaj magas ólom és kadmium koncentrációja kimutathatóan káros hatással van a bioszférára, az emberi egészségre. Ezért ezeknek a fémeknek a koncentrációját a világ számos részén figyelemmel kísérik, mind városi, mind pedig a szennyező forrásoktól távoli, ún. vidéki vagy háttér területeken. 1981-ben Magyarországon is megindult egy megfigyelési program” (134. o.)

¹¹² „It can be concluded from the measurements and model calculations that the atmospheric concentration and deposition of Pb and Cd in rural areas of Hungary are greatly affected by sources hundreds of kilometers far away from the receptor area.” (49. o.)

¹¹³ „93. Specific evidence of cadmium intercontinental transport is very scarce. Due to the relatively short residence time of cadmium in the atmosphere (days or weeks), the airborne dispersion of cadmium has a pronounced local or regional character. However, data from ice core measurements in Greenland indicate that cadmium can be transported over distances of up to thousands of kilometers.”

annak elégetése révén, valamint más emberi tevékenységek nyomán is nagy mennyiségben jutott és jut higany a környezetbe: a légkörbe, a víztestekbe, a felszínre, a talajba.

- A higanytartalmú termékekből, hulladékból és a higyant felhasználó ipari folyamatokból származó légköri higanykibocsátás mértékét jóval meghaladja a széntüzelésből – mindenekelőtt a széntüzelésű erőművekből – eredő kibocsátás [Rallo et al., 2012¹¹⁴]. Ehhez hozzáadódik többek között a vasgyártás, a fémkohászat, a cementgyártás, az üvegipar higanyos környezetterhelése. E kibocsátások az eljárások „nem szándékolt” kísérőjelenségei, így például a széntüzelés esetében a kőszénben nyomokban meglévő higany légköri emissziója.
- Becslések szerint 2010-ben az emberi tevékenységekből összességében globális szinten közel 2000 tonna higany került a légkörbe; ennek több, mint harmada a kézműves és kisüzemi aranybányászatból származott [UNEP/GMA, 2013; UNEP/TK, 2013]. A vizekbe közvetlenül jutó higanyszennyezés – tehát a légköri ülepedés nélkül – ugyanabban az évben közel 200 tonna volt.

A légköri higanyszennyezés messzire eljuthat, és a kibocsátási forrásától távol is kifejtheti károsító hatását elsősorban azért, hogy a víztestekben a légkörből ülepedő higany ott különösen mérgező szerves metil-higannyá alakul át.

- Ezt a terjedési folyamatot először az 1970-es évek végén azonosították svédországi mérések elemzésével, amikor Cyrill Brosset a magassági szélérések adatainak függvényében és a helyi kibocsátó forrásoktól távolabbi területeken megvizsgálta a higanykoncentrációt a levegőben és a csapadékban, valamint néhány tó vizében [Brosset, 1982¹¹⁵]. Ugyanebben az időben már általában is foglalkoztak a higany környezeti körforgásával, beleértve annak természetes és antropogén forrásait, biogeokémiai folyamatait [Nriagu, 1979; Andren & Nriagu, 1979]. A levegőszennyező anyagok nagy távolságú – akár kontinentális léptékű – légköri terjedésének rendszeres megfigyelésére az 1970-es években létrehozott páneurópai levegőkörnyezeti monitoring program (EMEP) adott lehetőséget, de még ennek keretében is a toxikus nehézfémek kibocsátásának, terjedésének és légkörből való kikerülésének rendszeres monitorozására, numerikus modellezésére és értékelésére csak az 1990-es évektől került sor [Haszpra, 2008¹¹⁶; Tørseth et al., 2012].
- A vizsgálatokból megállapítható volt, hogy míg a gáznemű elemi higany (elemi higanygőz) átlagosan hosszú ideig, fél- vagy akár két évig a légkörben marad és emiatt messzire eljuthat, addig a jóval kisebb mennyiségű gáznemű reaktív higany vegyületei és az aeroszol

¹¹⁴ „fossil fuel-fired power plants are the largest sources of mercury released into the atmosphere. It is essential to control these emissions at all levels – global, regional, and local – in order to achieve reductions in global anthropogenic emissions [...]. There is abundant evidence that mercury and its compounds are highly toxic to humans, ecosystems, and wildlife. Research and monitoring over the years have provided ample justification for the need to taking measures to reduce mercury emissions from coal-fired power plants which is the main source of such emissions in many countries.” (1090., 1095. o.)

¹¹⁵ „It is shown that the total Hg in air may be divided into two fractions. The most important one may be considered to be a background and is probably the result of re-emission of Hg by the ground and by natural water. The other fraction is highly dependent on wind direction in the same way as black particles. This fraction seems to be of anthropogenic origin. [...] In some of these lakes the Hg is known to be introduced by local industries. However, there are many other lakes situated far from any anthropogenic Hg source still showing up high Hg content in fish.” (37. o.)

¹¹⁶ „A 6. fázisban (1995–1998) ugyan kísérlet történt bizonyos nehézfémek és szénhidrogén vegyületek mérésének kötelezővé tételére, ez azonban csak mérsékelt sikerrel járt. Egyedül a legfontosabb nehézfémek (ólom, kadmium) kerültek be a kötelező mérési programba. [...] 2006-tól már a két legfontosabb nehézfém (ólom, kadmium) csapadékban és aeroszolban mért koncentrációját is jelentjük az EMEP adatközpontnak, és ezzel lényegében teljesítjük egy 1. kategóriás mérőállomás mérési programját.” (10., 12. o.)

részecskékhez kötött higany csak néhány napig tartózkodik a légkörben [Butler et al., 2007; Wängberg et al., 2001].

- Az európai kontinentális léptékű légköri terjedés részletes feltárását követően felmerült, hogy a légköri higanyszennyezés elkerülhet sokkal nagyobb távolságra és a kontinensek közötti többezer-kilométeres utat is megteheti. E tekintetben behatóan tanulmányozták az ázsiai kibocsátási forrásokból származó szennyező anyag terjedését [Weiss-Penzias et al., 2007¹¹⁷; UN, 2011; CLRTAP, 2012]. Ennek azért lett komoly nemzetközi környezetvédelmi, -egészségügyi és -politikai hordereje, mert míg a különböző intézkedések hatására az európai és az észak-amerikai térségben határozottan csökkent a higany emissziója, addig néhány ázsiai országban (különösen Kínában, Dél-Koreában) számottevően nőtt a légköri kibocsátás elsősorban a fokozódó PVC-gyártás és széntüzelés következtében. E növekedésre utalt az újabb globális higanyjelentés [UNEP/GMA, 2019¹¹⁸]. A széntüzelés kapcsán kifejezetten előnyös lenne úgy a szén-dioxid, mint a higanykibocsátások csökkentése. Ez egyaránt hozzájárulhatna például kínai részről a 2015. évi klímavédelmi Párizsi Megállapodás és a 2013. évi „higanymentesítési” Minamata Egyezmény végrehajtásához [Mulvaney et al., 2020]; ez a „kettős környezeti előny” nyilván más országokra is érvényes.

* * *

A higany és a higanyvegyületek toxikus hatásainak felfedezése, e hatások ok-okozati összefüggéseinek feltárása, igazolása egy rendkívül hosszadalmas és tanulságos történet. Hasonlóképpen az ólom sokféle hasznosítása oly sokáig anélkül történt, hogy az ártalmaira odafigyeltek volna. De végül a higany, az ólom és a kadmium esetében is a kutatók kimutatták a súlyos egészségi és környezeti mellékhatásokat és ez alapozta meg azt, hogy megkezdődhessen a toxikus nehézfémektől, káros hatásaiktól való „megszabadulás”. Az alábbiakban e problémakör globális jelentőségű vetületeit, a nemzetközi együttműködés fejleményeit mutatjuk be és értékeljük, majd a mindezekből levonható és általánosítható tanulságokat emeljük ki.

1.2. NEMZETKÖZI SZAKMAI-TUDOMÁNYOS EGYÜTTMŰKÖDÉS

A toxikus nehézfémek kiterjedt használatából eredő egészségi és környezeti hatások vizsgálatához, valamint e hatások csökkentésére irányuló megoldások kidolgozásához és alkalmazásához is lényeges lett az érintett szakterületek, tudományágak képviselőinek az 1970-es évektől létrejött együttműködése. Ez nagyban elősegítette a nehézfémes ártalmak mérséklését célzó környezetpolitikai, -egészségügyi intézkedések, programok és megállapodások kidolgozását.

¹¹⁷ „Total airborne mercury (TAM) and carbon monoxide (CO) were measured in 22 pollution transport "events" at Mt. Bachelor Observatory (MBO), USA [...] emissions from Chinese anthropogenic, global biomass burning, and global boreal biomass sources in order to estimate the emissions of gaseous elemental mercury (GEM) from these sources. The GEM emissions that we calculate here are: Chinese anthropogenic (620±180 t y⁻¹), global biomass burning (670±330 t/y), and global boreal biomass burning (168±75 t/y) [...]. Chinese GEM emissions from this study are higher by about a factor of two, while our estimate for global biomass burning is consistent with previous studies.” (4366. o.)

¹¹⁸ „The domestic shares in anthropogenic deposition show an increase since 2010 in East Asia (from 76% to 77%) and South Asia (58% to 66%), which is explained by the increase in Asian anthropogenic emissions since 2010.” (27. o.)

1.2.1. Együttműködés az ENSZ égisze alatt

Növekvő figyelem a toxikus nehézfémek egészségi hatásaira. Egyes ENSZ-intézmények, illetve szakértők az 1970-es évektől kezdték behatóbban vizsgálni e nehézfémek és az ezekből eredő környezetszennyezés egészségi hatásait, amiben komoly szerepe volt az iraki higanymérgezési esetnek és a benzin-ólomadalék hatásáról megindult vitának.



- Figyelemre méltó, hogy már e környezeti kibocsátások következményeinek kutatását megelőzően napirenden volt a toxikus nehézfémek élelmiszer- és ivóvíz-biztonsági kérdésköre a FAO és a WHO együttműködésében. Kiderült, hogy komoly kockázatokról van szó, és emiatt jóval alaposabb vizsgálatok szükségesek, amelyek kiterjednek e szennyező anyagok forrásaira és a kibocsátások csökkentésének lehetőségeire is [FAO-WHO, 1972¹¹⁹]. (E szakértői eseményt 1972 áprilisában rendezték, az ENSZ környezeti szervezetének létrehozásáról pedig csak nem sokkal ezután született döntés a stockholmi konferencián.)
- Az iraki esetben a WHO szakértői közvetlenül is bekapcsolódhattak az okok és az okozatok felderítésébe; az első eredményeket 1974-ben egy nemzetközi rendezvényen tették közzé [WHO, 1976¹²⁰], valamint akkor már az UNEP és a WHO közös támogatásával adták ki a „Környezetegészségi kritériumok” c. sorozat első kötetét éppenséggel a higanyhasználat ártalmairól [WHO/IPCS, 1976].
- Az ólommal, ólomvegyületekkel kapcsolatos alkalmazások, ezek sorában a gépjárművekben használt „ólmozott” benzinből származó kibocsátások környezetegészségi hatásainak témájában felgyorsultak a vizsgálatok, és ezekre támaszkodva szakmai tájékoztató anyagok, ajánlások készültek [WHO, 1969; WHO/IPCS, 1977]. A kadmiumról csak később láttak napvilágot az első ilyen értékelések [WHO/IPCS, 1992a, 1992b].
- Ebben az időszakban WHO-munkacsoportok alakultak a higannyal és az ólommal összefüggő egészségi problémák értékelésére, majd később a kadmium által kiváltott kockázatok elemzésére is¹²¹, beleértve annak rákkeltő hatását [WHO/IARC, 1976].

Az ENSZ Környezeti Programja (UNEP) az 1970-es évek közepétől a „Föld-megfigyelés”¹²² koncepció részeként kiépülő Globális Környezeti Megfigyelő Rendszerben (GEMS) és „A potenciálisan toxikus vegyi anyagok nemzetközi nyilvántartásának” (IRPTC) részeként tervezte és kezdte megvalósítani e nehézfémekről és vegyületeikről az információk összesítését, azok környezeti jelenlétének felmérését, forrásainak és hatásainak azonosítását [UNEP, 1980, 1982].



¹¹⁹ Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives: „FAO and WHO should promote and where necessary coordinate research designed to extend knowledge about the toxicity of mercury, lead and cadmium” „In view of the seriousness of the problem of environmental pollution by mercury, lead and cadmium and its implications for human health and food supply, the Committee recommends that: (1) all possible steps be taken to reduce such pollution” (29. o.)

¹²⁰ „The main findings of this research were discussed at the Conference on Intoxication due to Alkylmercury Treated Seed, held in Baghdad from 9 to 13 November 1974. The Conference was organized by WHO and was attended by participants and observers from over 20 countries. The involvement of WHO in a poisoning outbreak also means that steps can be taken on an international level to prevent similar outbreaks in the future. The Organization's many close contacts with other international organizations lead to a consideration of the global problems raised and to recommended courses of action to solve them.”

¹²¹ WHO: Working group on heavy metals, Task group on environmental health criteria for mercury, Task group on environmental health criteria for lead, Task group on environmental health criteria for cadmium

¹²² EarthWatch

- Az ólomról és a higanyról, majd a kadmiumról megjelentetett, később frissített szakértői tanulmányok ajánlásait jóváhagyta az UNEP döntéshozó testülete [ólom: UNEP, 1977; UNEP-MARC, 1980; higany: UNEP-MARC, 1981; kadmium: UNEP-MARC, 1982]; e nemzetközi szervezet keretében azóta is tart a toxikus nehézfémek kitermelésének, alkalmazásainak, környezeti kibocsátásának és terjedésének, illetve hatásainak a nyomon követése.
- A higany ártalmait miatt erősödő aggályoknak betudhatóan létrejött hatékonyabb kooperációt jól példázta, hogy 2002-ben elkészült az első „Globális Higany Értékelés” [UNEP/GMA, 2002], amelynek legújabb kötetét 2019-ben adták ki. Az ólom és a kadmium ügyében nehezebben alakult az elemző-értékelő tevékenység, ami mintegy előrevetítette, hogy ezekről nem sikerül tető alá hozni megállapodást globális hatókörrel, hanem csak páneurópai szinten.
- Az UNEP égisze alatt olyan átfogó jelentések is készültek, mint a Globális Környezeti Előretételek (GEO) és a Globális Kémiai Előretételek (GCO), amelyek ugyancsak kitértek nemcsak a higany, hanem az ólom és a kadmium témájára.

Az együttműködés kiterjesztése. A WHO és az UNEP mellett más nemzetközi szervezetek is bekapcsolódtak e nehézfémes szennyező anyagok egészségi és környezeti hatásainak vizsgálatába.

- A toxikus nehézfémek kiemelkedő figyelmet kaptak a WHO és az UNEP Kémiai Biztonsági Nemzetközi Programjában (IPCS), amelyben a Nemzetközi Munkaügyi Szervezet (ILO) szakértői is részt vettek. A program egyik eredménye lett a témakörében megjelent közlemények adatbázisa (INCHEM), amelynek segítségével nagyszámú szakirodalmi anyag fellelhető a higanyról, az ólomról és a kadmiumról. Közös WHO és FAO támogatással folytatódott e toxikus anyagok mezőgazdasági felhasználásának, élelmiszerbiztonsági és más hatásainak felmérése. A Meteorológiai Világszervezet (WMO) szakértői e szennyező anyagok légköri terjedését, a légkörből való kikerülését, felszínközeli koncentrációit vizsgálták. E tevékenységek hatékonyságához hozzájárult, hogy az 1960-as évek végén létrehozták a Légköri Háttérszennyezés Megfigyelő Hálózatot (BAPMoN), amelynek keretében egyre több légköri szennyező anyagról gyűjtöttek mérési adatokat.
- Egy még átfogóbb szervezetközi program kezdődött 1995-ben a vegyi anyagok megfelelő kezelésének támogatására (IOMC)¹²³. Ennek része lett a toxikus nehézfémek kibocsátási forrásainak, környezeti és egészségi hatásainak feltárása, a teendők tudományos megalapozása.
- Az 1992. évi ENSZ-csúcstalálkozón jóváhagyott fenntartható fejlődési programnak [UN, 1992¹²⁴] a toxikus vegyi anyagokról szóló ajánlása alapján – az UNEP, az ILO és a WHO közös kezdeményezésére – új szervezet jött létre: a Kémiai Biztonsági Kormányközi Fórum (IFCS). E fórum által készült el 2006-ra a toxikus nehézfémekkel is foglalkozó stratégia (SAICM).
- A fentiekben hivatkozott programok, intézmények szakértői által közreadott értékelésekből és ajánlásokból – az 1970-es évektől mind több megfigyelési és kutatási információra

¹²³ Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals (UNEP, ILO, WHO, FAO, UNIDO, UNITAR; OECD)

¹²⁴ A „Feladatok a 21. századra” c. program több fejezetében is kitér a toxikus vegyi anyagok és a veszélyes hulladékok káros egészségi, környezet hatásaira és a teendőkre (6., 9., 19-21. fejezetek), de az általunk itt tárgyalt toxikus nehézfémek közül csupán az ólommal összefüggő egészségi kockázatokat és kibocsátás-csökkentési feladatokat említi (6.41.). Ezt az indokolhatta, hogy az ólommal, mindenekelőtt az „ólmozott benzinnel” kapcsolatos probléma már kellően ismert volt, miközben a higanyos alkalmazások ügyében a nemzetközi közösség nagyon megosztott volt, a kadmium ártalmaival pedig még nem foglalkoztak széles körben.

támaszkodva – egyértelműen kiviláglott, hogy e nehézfémek, illetve vegyületeik felettébb ártalmasak az egészségre és a környezetre. Elsősorban a WHO és az UNEP támogatta az erről szóló jelentések összeállítását.¹²⁵ A higanyra és az ólomra, majd később a kadmiumra elkészült első szakértői elemzések arra is rámutattak, hogy az antropogén kibocsátások mértékéről és változásáról, a káros hatások mechanizmusairól nem volt még elegendő adat és ismeret; de nemcsak e téren volt szükség további kutatásokra, hanem – nemzetközi jelentősége miatt is – e nehézfémek környezetben való terjedését, felhalmozódását illetően [WHO/IPCS, 1976¹²⁶; WHO/IPCS, 1977¹²⁷].

1.2.2. Más nemzetközi szakmai szervezetek, hálózatok

Nem kormányzati szervezetek is bekapcsolódtak nemcsak általában a „kémiai biztonság” erősítését célzó tevékenységbe, hanem konkrétabban a toxikus nehézfémekkel kapcsolatos teendők meghatározásába, végrehajtásuk támogatásába. Ezáltal hozzájárultak ahhoz is, hogy e témakörben kormányközi cselekvési programok és megállapodások készüljenek, még ha azok céljai lényegesen el is maradtak e szervezetek által elvártaktól.



- A Tudományos Uniók Nemzetközi Tanácsának keretében 1969-ben megalakult környezettudományi bizottság elősegítette e nehézfémek környezeti hatásainak tanulmányozását is (ICSU-SCOPE)¹²⁸. Ennek az együttműködésnek a nyitánya az 1975-ben Torontóban „Nehézfémek a környezetben” címmel megtartott konferencia volt [Hutchinson et al., 1975]; 2020-ban már a 20. ilyen eseményre került sor Szöulban. E programhoz illeszkedően összehívott új-zélandi fórumon felmerült: az ökológiai rendszerekre gyakorolt hatások felmérése legalább olyan fontos, mint az emberi egészséget veszélyeztető hatásoké [Hughes, 1985¹²⁹]. Egy újabb torontói találkozón pedig még mindig például a nehézfémes környezetszennyezés-terjedés vizsgálatának korlátai voltak napirenden elsősorban a globális megfigyelések hiányosságai miatt [Hutchinson & Meema, 1987¹³⁰]. Ez is előrevetítette, hogy egy évtizeddel később csak az ENSZ-EGB keretében sikerült egy páneurópai megállapodást kidolgozni e toxikus nehézfémekre.
- Az UNEP támogatásával 2002-ben látott munkához az a nemzetközi szervezet, amelynek célkitűzése a „tisztá üzemanyagokra és járművekre” való áttérés előmozdítása és világszerte

¹²⁵ Hg: [IPCS, 1976, 1990; UNEP-MARC, 1981; WHO, 2003, 2007]; Pb: [IPCS, 1977; UNEP, 1977; UNEP-MARC, 1980]; Cd: [UNEP-MARC, 1982; IPCS, 1992a, 1992b]

¹²⁶ 1.2.3 Environmental distribution and transport „Two cycles are believed to be involved in the environmental transport and distribution of mercury. One is global in scope and involves the atmospheric circulation of elemental mercury vapour from sources on land to the oceans. [...] The other cycle is local in scope and depends upon the methylation of inorganic mercury mainly from anthropogenic sources. Many steps in this cycle are still poorly understood”

¹²⁷ 4. Environmental transport and distribution „From a mass-balance point of view, the transport and distribution of lead from stationary or mobile sources into other environmental media is mainly through the atmosphere. [...] The mass transfer of lead from air to other media is as yet poorly defined and the various mechanisms involved in the removal of lead from air are not fully understood. [...] Much remains to be learned about the environmental transport and distribution of lead.”

¹²⁸ ICSU: International Council of Scientific Unions (2018- International Council for Science); SCOPE: Scientific Committee on Problems of the Environment (1969-)

¹²⁹ „heavy metal problems in New Zealand, other than those related to lead poisoning, are more likely to threaten ecosystems than human health” (6. o.)

¹³⁰ „The Toronto SCOPE Workshop considered various aspects of the occurrence, flux, compartmentation and residence times of four elements which have been recognized as significant environmental pollutants over the past two decades. These are arsenic, cadmium, lead and mercury. Major gaps in our understanding of the global and regional fluxes for all four elements were identified, with data from developing countries in general being especially scarce.” (p. xix)

az ólmozott benzin használatának megszüntetése lett (PCFV)¹³¹. 2009-ben pedig az UNEP és a WHO közreműködésével jött létre az ólomtartalmú festékek gyártásból és forgalomból való kivonását szorgalmazó globális szövetség (LPA)¹³².

- A higany felhasználásának mielőbbi teljes betiltását képviselte a 2002-ben megalakult nemzetközi civil szervezet (BMWG), amely még szélesebb körű összefogással „Zéró Higany Munkacsoport” (ZMWG) elnevezéssel folytatta 2005-től a tevékenységét.¹³³ Az UNEP maga is kezdeményezte 2007-ben egy globális hálózat létrehozását tudományos, ipari, civil szervezetek részvételével az antropogén higanykibocsátások minimalizálására (GMP)¹³⁴. Szintén említésre méltó a fémbányászattal foglalkozó vállalkozások nemzetközi szervezetének a tevékenysége a fenntarthatósági alapelvek és a higanyra vonatkozóan egy külön eljárási útmutató betartásával (ICMM).¹³⁵

* * *

A toxikus nehézfémek ügyében mintegy másfél évtizedig tartott, amíg a bővülő megfigyelésekből, sokoldalú tudományos elemzésekből, intézményesült nemzetközi szakértői együttműködésből származó ismeretanyag alapján kormányközi politikai egyeztetések kezdődhettek e nehézfémek globális használatának korlátozására, káros hatásaik mérséklésére. A tudomány és politika között fontos „híd-szerepet” töltött be akkor a környezet és fejlődés viszonyát értékelő, 1983-ban létrehozott nemzetközi testület, amely a jelentésében kitért arra, hogy a nehézfémek által az egészséget és a környezetet veszélyeztető hatások miatt biztonságosabb eljárásokra kell áttérni [WCED, 1987]. Az 1992-ben elfogadott, a 21. századra szóló cselekvési irányokat bemutató globális programban külön fejezeteket szenteltek a vegyi anyagoknak és a hulladékoknak, megfogalmazták azt az általános célkitűzést, hogy csökkenteni kell a toxikus anyagok miatti kockázatokat [UN, 1992: 19.48. bekezdés]. Sem ekkor, sem a globális program végrehajtását elősegítő ENSZ-testület 1994. évi találkozásán sem emelték ki a toxikus nehézfémek teljes problémakörét, de egyetértés alakult ki arról, hogy legalább az „ólmozott benzin” miatti környezetszennyezésből eredő súlyos egészségkárosító hatás mérséklésével törődni kell [UN, 1994]¹³⁶. Miután a széles körű szakmai-tudományos vizsgálatok eredményei ellenére nem sikerült dűlőre jutni az ólomra egy globális program vagy megállapodás kidolgozásáról, és legalábbis 2007-ig nem alakult ki konszenzus erről a higany tárgyában sem, ezért az UNEP és a WHO az önkéntes vállalásokat előtérbe helyező és a nem kormányzati szervezetek részvételét is elősegítő együttműködést támogatta.

1.3. A „MÉREGTELENÍTÉS”: A NEMZETKÖZI PROGRAMOK ÉS MEGÁLLAPODÁSOK

1.3.1. Intézményközi környezet- és egészségpolitikai programok

***Nemzetközi programok** készültek a toxikus nehézfémekkel összefüggő környezet- és egészségvédelmi célkitűzésekről és teendőkről, emellett e feladatokat magukban foglalták a kémiai biztonsági és más programok, stratégiák is. Mindezek kidolgozása során a megfigyelési*

¹³¹ Partnership for Clean Fuels and Vehicles (PCFV)

¹³² Global Alliance to Eliminate Lead Paint (LPA)

¹³³ Ban Mercury Working Group (BMWG, 2002-); Zero Mercury Working Group (ZMWG, 2005-)

¹³⁴ Global Mercury Partnership (GMP)

¹³⁵ ICMM, 2009: Mercury risk management: position statement. International Council on Mining and Metals

¹³⁶ „169. The Commission recognizes the importance of taking action to address the health and environmental impacts of chemicals. It notes, for example, the severe health impacts of human exposure to lead, endorses the ongoing work on that issue in several international forums and encourages further efforts to reduce human exposure to lead.”

és tudományos információkra, eredményekre támaszkodtak, valamint tekintettel voltak az intézkedések végrehajtásának társadalmi, gazdasági és technológiai feltételeire, hatásaira.

- A Kémiai Biztonsági Nemzetközi Program (IPCS) 1980-ban a WHO, az UNEP és az ILO megállapodása alapján jött létre. A program a toxikus anyagokra kiterjedően az egészség- és környezettudományi kutatások támogatásával, az eredmények közzétételével segítette elő a nemzetközi és nemzeti szintű – az ártalmas hatások megelőzését, illetve mérséklését célzó – szakpolitikák és intézkedések meghatározását. A kémiai biztonság globális környezeti vetületei összekötődtek a környezetbiztonsági koncepció más témáival is [Farágy, 1996].
- A fenti együttműködési program szerepét az 1992. évi ENSZ konferencia után további szervezetek bevonásával a már említett két intézmény vette át: a Kémiai Biztonsági Kormányközi Fórum (IFCS, 1994-) és a vegyi anyagok megfelelő kezelésével foglalkozó szervezetenkénti program (IOMC, 1995-). A megerősödött szakpolitikai intézményrendszer működése hozzájárult ahhoz, hogy végül megszülethetett a globális vegyi anyag-kezelési stratégia és annak részeként a toxikus nehézfémeket érintő szakpolitikai ajánlások köre, valamint a higanyról szóló egyezmény. Ebben jelentős része volt az IFCS alelnökéeként Ungváry Györgynek, továbbá abban is, hogy elkészült a témakört összegző hazai kiadvány, amely utalt a nehézfémekkel kapcsolatos feladatokra [Ungváry, 2006].
- Egyes szervezetek a saját mandátumuk mentén önállóan is cselekedtek, 1994-ben az UNIDO például egy külön „Globális Higany Program”-ot indított a higanyhasználat és a környezetbe kibocsátott higanyszennyezés minimalizálása érdekében az ipari eljárásokban [UNIDO, 2013].
- Az ólom és a kadmium alkalmazásait és ártalmait illetően megmutatkozó éles érdekellentétek miatt nem sikerült egyetértésre jutni a mindhárom toxikus nehézfém környezeti hatásainak szentelt és esetleg egy majdani egyezményhez elvezető átfogó programról.¹³⁷ Így csupán az UNEP „Globális Higany Programjáról” hozhattak döntést 2003-ban a már említett első „Globális Higany Értékelés” alapján [UNEP/GMA, 2002].
- Ugyancsak UNEP-koordinálással folyik az 1995-ben elfogadott cselekvési program végrehajtása, amelynek célkitűzése a tengeri környezet védelme a szárazföldön folytatott tevékenységekből származó káros hatásokkal szemben (GPA-LbA)¹³⁸. E program fontos eleme lett a nehézfémes szennyezés megelőzése, csökkentése, illetve megszüntetése, kiváltéppen a higanyszennyezésé.
- Az 1990-es évek elejétől megindult páneurópai környezetpolitikai együttműködés kiemelkedő fejleménye volt a toxikus nehézfémekről szóló 1998. évi megállapodás (lásd alább) és a benzin „ólomadalékkal” való kezelésének megszüntetését előíró stratégia jóváhagyása¹³⁹.

1.3.2. Globális stratégia és cselekvési terv

Az egészségre és a környezetre nézve kockázatos vegyi anyagok témájában több évtizeden át szaporodó megfigyelések, vizsgálatok ellenére nehezen alakult ki a politikai egyetértés arról,

¹³⁷ E kötet szerzője részt vehetett az UNEP Kormányzó Tanácsának 2003. évi ülésén (UNEP-GC). A vita során egyes delegációk vehemensen elleneztek egy esetleges globális program kiterjesztését az ólomra és a kadmiumra, mások pedig amellettt érveltek, hogy az ne csak a higanyról szóljon. Az „ellenzők” közül néhány fejlett és néhány fejlődő országról kimondatlanul is közismert volt a két toxikus nehézfémvel kapcsolatban a jelentős kitermelési, hasznosítási, kereskedelmi érdekeltégük.

¹³⁸ Global Programme of Action for the Protection of the Marine Environment from Land-based Activities (GPA-LbA)

¹³⁹ Pan-European Strategy to Phase Out Leaded Petrol

hogy globális szintű – a kockázatok mérsékléséhez konkrétabb célkitűzésű – közös fellépésre van szükség, ami a különösen veszélyes vegyi anyagok sorában kitér a toxikus nehézfémekre is. A fordulatot a 2002. évi fenntartható fejlődési csúcstalálkozó hozta el.

A fenntartható fejlődés és a vegyi anyagok. A 2002. évi csúcstalálkozó záródokumentuma szerint 2020-ig el kell érni, hogy a vegyi anyagok előállítása és használata, a veszélyes hulladékok kezelése során minimalizálhatók legyenek a súlyos egészségi és környezeti hatások [WSSD, 2002: 23. bek.].

- A jelzett cél megvalósítása érdekében előírták, hogy 2005-ig készüljön el a vegyi anyag-kezelés nemzetközi stratégiája, amelynek magában kell foglalnia az emberi egészségre és a környezetre ártalmas nehézfémek – mindenekelőtt a higany – miatti kockázatok csökkentésének elősegítését is.
- Tehát magas szintű politikai döntés született konkrét határidők megadásával, de az 1992-ben elfogadott – a többféleképpen értelmezhető „költséghatékonyságot” említő – elővigyázatossági elvre való utalással, valamint a nehézfémek esetében csak az „óvatos” kockázatcsökkentési céllal.

A fenntartható vegyi anyag-kezelés globális stratégiájának előkészítése 2003-ban kezdődött és azt 2006-ban fogadták el a Vegyi anyag-kezelési Nemzetközi Konferencia (ICCM) első találkozásán. A stratégia megalkotásában – a konszenzus eléréséhez az észszerű kompromisszumok megkötésében – nagy szerepe volt a környezeti diplomáciának.¹⁴⁰

- A „Nemzetközi Vegyi anyag-kezelés Stratégiai Megközelítése” című stratégia (SAICM)¹⁴¹ általános célkitűzése szó szerint megfelelt annak, amit a fentebb említett 2002. évi dokumentum tartalmazott 2020-as céldátummal a vegyi anyagok előállítására és használatára. E stratégiában hangsúlyosan szó volt a toxikus nehézfémekről: „57. Elő kell segíteni az emberi egészséget és a környezetet érintő – különösen az ólom, a higany és a kadmium által okozott – kockázatok csökkentését a megfelelő környezeti beavatkozásokkal” [SAICM, 2006]. Az ugyanakkor elfogadott cselekvési terv bizonyos feltételekhez, így költséghatékonysághoz is kötötten előírta: 2020-ig az emberi egészségre és a környezetre „jelentős hatású” vegyi anyagok sorában a higany előállításának, használatának, környezeti kibocsátásának a beszüntetését, a higanyból származó kockázatok csökkentésének előmozdítását, akárcsak a benzin-ólomadalék forgalomból való kivonását és a kadmium miatti kockázatok mérséklését. A toxikus nehézfémek és vegyületeik alkalmazása helyett megfelelő alternatívákat kell keresni. E vegyi anyagokra is érvényesek voltak a veszélyes hulladékokra megfogalmazott javaslatok. A stratégia hivatkozott az UNEP keretében hosszabb ideje tárgyalt felvetésre: „58. Meg kell vizsgálni a higanyra vonatkozó további cselekvés szükségességét [...], beleértve egy jogilag kötelező érvényű eszköz lehetőségét”.
- A globális vegyi anyag-stratégia jóváhagyása után néhány hónappal hazánkban megtartott nemzetközi találkozó egyik eredménye lett a „Budapesti Nyilatkozat a higanyról, az ólomról és a kadmiumról”. A fórum résztvevői felkérték „az UNEP Kormányzó Tanácsát, hogy vizsgálja meg, milyen intézkedésekkel érhető el a higany, az ólom és a kadmium miatti egészségi és környezeti kockázatok mérséklése, beleértve egy kötelező érvényű jogi eszköz

¹⁴⁰ A stratégia kidolgozására megalakult előkészítő bizottság (PrepCom) elnöke a svéd Viveka Bohn volt, akinek sikerült minden fél számára elfogadható megoldásokat, megfogalmazásokat ajánlania a stratégia véglegesítéséhez. E stratégiát véglegesítő és elfogadó 2006. évi eseményen e kötet szerzője magyar delegátusként részt vehetett. A konszenzust néhány kritikus pontra vonatkozóan az „utolsó pillanatokban” létrejött kompromisszumokkal sikerült elérni: az elővigyázatosság kapcsán a kockázatok minimalizálásának hangsúlyozásával, valamint annak rögzítésével, hogy a stratégia nem egy jogilag kötelező hatályú eszköz, hanem önkéntesen végrehajtható feladatokat tartalmaz.

¹⁴¹ Strategic Approach to International Chemicals Management (SAICM)

megalkotásának a lehetőségét” [IFCS, 2006].¹⁴² Ebből is kitűnt, hogy ugyan helyesek a toxikus nehézfémekre közösen ajánlott teendők, de ezek önmagukban – nemzetközi jogi kötelezettségvállalás nélkül – nem lehettek elégségesek az egészségi és környezeti kockázatok mielőbbi minimalizálására. Végül soron e stratégia hozzájárult ahhoz, hogy 2009-ben megkezdődhessen a majdani higanyegyezmény és egy konkrétabb feladatterv kidolgozása.

- A higany esetében a 2002. évi fenntartható fejlődési programban, majd a vegyianyag-stratégiában foglaltak teljesítésének és az önkéntes környezetpolitikai intézkedések támogatásának céljával is az UNEP kezdeményezte a már említett globális együttműködési hálózat létrehozását (GMP).

A toxikus nehézfémekre vonatkozó más nemzetközi döntések – a 2006-ban elfogadott stratégia rendelkezései mellett – ugyancsak arra irányultak, hogy e problémakör nagyobb figyelmet kapjon: különös tekintettel arra, hogy fennmaradtak az ellentétek egy „higanyos” egyezmény és a másik két toxikus nehézfémre legalább egy globális program megalkotásának szükségességét illetően.

- Miután az UNEP döntéshozó testületében 2003-ban csak a higanyprogram ügyében lehetett dűlőre jutni és már korábban megszervezték egy nemzetközi szakértői testületet a higanyról szóló globális értékelések készítésére¹⁴³, ezért 2006-tól egy külön munkacsoport kezdte meg tevékenységét az ólom és a kadmium témájában¹⁴⁴. E csoport feladata lett e két nehézfémrel kapcsolatos újabb tudományos kutatások eredményeinek áttekintése és összefoglalása.
- A Kémiai Biztonsági Kormányközi Fórum (IFCS) 2008. évi találkozóján megpróbáltak egyetértést kialakítani az ólom és a kadmium használatából adódó globális kockázatokról és teendőkről, de csak „óvatos” ajánlások megfogalmazásáig jutottak [IFCS, 2008¹⁴⁵].
- A globális környezeti megfigyelések 2005-ben kialakított átfogó rendszeréhez (GEOSS) kapcsolódóan 2009-ben merült fel, hogy a higany terjedésével és koncentrációjának mérésével az addigiaknál alaposabban kellene törődni. Ennek érdekében EU-támogatással 2010-től kiépült egy Globális Higany Megfigyelő Rendszer (GMOS), majd annak szerepét átvette a GEOSS részeként – a 2017-től tervezett és 2020-tól ténylegesen működő – „Higany Megfigyelő Globális Rendszer” (GOS4M) és „tudásközpont” [Simone et al., 2021¹⁴⁶].

1.3.3. A toxikus nehézfémek környezeti hatásait érintő megállapodások

Az 1970-es évektől a környezetre veszélyes anyagokat felhasználó tevékenységek szabályozására olyan globális hatályú jogi eszközök készültek, amelyek a higany, az ólom és/vagy a kadmium, illetve vegyületeik környezeti kibocsátásainak és káros hatásainak a csökkentését is célozták.

¹⁴² A Budapesten megtartott IFCS találkozón e kötet szerzője is a magyar delegáció tagja volt.

¹⁴³ UNEP: Global Mercury Assessment Working Group

¹⁴⁴ UNEP: Working Group on Lead and Cadmium

¹⁴⁵ „The need for efforts by Governments and other relevant stakeholders to reduce risks to human health and the environment of lead and cadmium throughout the life cycle of those substances [...] to consider measures at the national, regional and global level to promote the substitution of lead and cadmium containing products by safe and feasible alternatives” (15. o.)

¹⁴⁶ Knowledge Hub: „Decision-makers require information on changes of Hg levels in the environment, in biota, and vulnerable populations, so that they can be attributed to the implementation of the Convention. They also require an assessment of the actions taken in terms of the changes in Hg supply and usage, and the resulting variation in Hg emission and release to the environment.” (235. o.)

A nehézfémes hulladéktól való megváltás egyik módja volt a nyílt tengeren történő vízbe bocsátása, amelynek – egyébként nehezen bizonyítható – gyakorlata ellen jogi eszközök megalkotásával lépett fel a nemzetközi közösség.

- Az 1972. évi londoni egyezmény kifejezetten megtiltotta a higanyt, a kadmiumot vagy vegyületeiket tartalmazó hulladékok tengerbe süllyesztését, továbbá magában foglalt egy kevésbé szigorú előírást az ólomtartalmú hulladékokra [LC, 1972¹⁴⁷].
- A tengerek hajókról történő szennyezésének megelőzéséről szóló egyezmény is rendelkezett a különböző veszélyes anyagok sorában az ólom, a higany és vegyületeik általi szennyezések elkerüléséről [MARPOL, 1973; MARPOL/MP, 1978]¹⁴⁸.

Nemzetközi kereskedelem. A toxikus nehézfém-tartalmú hulladékok forgalmazásával az exportáló fél e hulladékok helyi – a keletkezéséhez közeli – ártalmatlanítása helyett „költséghatékony” módon szabadult meg azoktól. Az ilyen szállítmányt befogadó fél helyzetére, érdekére is tekintettel az alábbi jogi eszközöket dolgozták ki.

- A veszélyes hulladékok kereskedelmét szabályozó 1989. évi Bázeli Egyezmény tételesen felsorolta azokat a higany, ólom és kadmium tartalmú hulladékokat, amelyek e jogi eszköz hatálya alá tartoznak [BC, 1989¹⁴⁹]. A veszélyes hulladékok környezeti szempontból megfelelő kezelésére 1987-ben bevezetett útmutató („Kairói Irányelvek”) ugyan a szállításokra is alkalmazható volt, de nem lett kellően hatékony az olyan incidensek megelőzésére, amikor egy fejlett országból egy fejlődőbe „hasznosításra” szállított, toxikus anyagokat tartalmazó hulladék komoly egészségi és környezeti problémákat okozott. E felismerés nyomán dolgozták ki az említett egyezményt azzal a célkitűzéssel, hogy a hulladékot fogadó országban megelőzhető, elkerülhető legyenek a káros hatások. 1995-ben az egyezményt kiegészítették azzal a rendelkezéssel, hogy a továbbiakban a fejlett államok egyáltalán ne exportáljanak veszélyes hulladékot.¹⁵⁰
- A különösen veszélyes anyagok és növényvédő szerek nemzetközi kereskedelmében az exportáló és az importáló fél által nyújtott előzetes tájékoztatáson alapuló egyetértési eljárásról fogadták el a Rotterdami Egyezményt [RC, 1998]. Ilyen eljárásra már korábban nemzetközi ajánlások készültek („Londoni Irányelvek”), amelyeket jogi kötelezettségként emelt magasabb szintre az egyezmény. Ennek hatálya a mellékletében felsorolt, betiltott vagy szigorúan korlátozott vegyszerekre és a mérgező növényvédő szerekre terjed ki, amelyek sorában bizonyos higany- és ólomvegyületek is szerepelnek. Az egyezmény nem tartalmaz külön előírásokat a veszélyes hulladékokra: ezek



¹⁴⁷ Article IV.1 „(a) the dumping of wastes or other matter listed in Annex I is prohibited”; Annex I: „2. Mercury and mercury compounds. 3. Cadmium and cadmium compounds.” Article VI.1 „Each Contracting Party shall designate an appropriate authority or authorities to: (a) issue special permits which shall be required prior to, and for, the dumping of matter listed in Annex II”; Annex II: „Wastes containing significant amounts of [...] lead [...] and compounds”

¹⁴⁸ E nemzetközi jogi eszköz (MARPOL III. melléklet) bizonyos kivételekkel tiltja azoknak a veszélyes anyagoknak a tengeri szállítását, amelyeket egy külön – időnként pontosított, kiegészített – jegyzékben tesz közzé a Nemzetközi Tengerészeti Szervezet (IMO: International Maritime Dangerous Goods Code).

¹⁴⁹ „1.1. The following wastes that are subject to transboundary movement shall be "hazardous wastes" for the purposes of this Convention: (a) Wastes that belong to any category contained in Annex I”; Annex I: „Y29 Mercury; mercury compounds [...] Y31 Lead; lead compounds. „1.1.(a) To facilitate the application of this Convention [...] wastes listed in Annex VIII are characterized as hazardous”; Annex VIII: „A1010 Metal wastes and waste consisting of alloys [...] Cadmium Lead Mercury”, „A1030 Wastes having as constituents or contaminants [...] Mercury, mercury compounds”

¹⁵⁰ „Basel Ban”; e „Bázeli Tiltásban” előírt tiltó rendelkezés a következő fejlettekre vonatkozik/vonatkozna: OECD-tagok, EU-tagállamok és Liechtenstein, de nem mindegyikük vállalta e kötelezettséget.

szabályozását a Bázeli Egyezményre „hagyja”, tehát e két globális megállapodás mintegy kiegészíti egymást az általuk szabályozott veszélyes anyagok – köztük a toxikus nehézfémek és vegyületeik – nemzetközi kereskedelmét illetően.

Nemzetközi szállítás. A toxikus anyagokat is érintő nemzetközi fuvarozási tevékenységre kidolgozott – a káros hatásokkal járó balesetek megelőzésére, a bekövetkezésük esetén a kárrendezési eljárásokra érvényes – globális szintű előírások és az azokhoz is illeszkedő regionális megállapodások tételesen felsorolják az ezek hatálya alá tartozó nehézfémeket és vegyületeiket tartalmazó árukat.

- Két korai esetet említünk. Egy kanadai tengeri kikötőből New York felé tartó teherhajó 1944 februárjában zátonyra futott, kettétörött, elsüllyedt a szállított nagymennyiségű higannyal egyetemben [NOAA, 2013¹⁵¹]. E toxikus anyag kiömlése miatt repülési incidensek is bekövetkeztek, mint amilyen 1971 januárjában egy TWA-járatról történt, ami USA-kongresszusi vizsgálat tárgya lett [US-Congress, 1974¹⁵²].
- A veszélyes áruk – köztük ólmot, higanyt vagy toxikus vegyületeiket tartalmazó áruk – szállítására a legáltalánosabb globális szintű ajánlások első változatát sok évtizeddel ezelőtt fogadták el [UN, 1956]. A légi szállításban az ilyen árukra a szabályozást a Nemzetközi Légi Szállítási Szövetség (IATA) keretében dolgozták ki (1953-tól), és azt azóta rendszeresen kiegészítették, pontosították együttműködésben a Nemzetközi Polgári Repülési Szervezettel (ICAO) [IATA/DGR, 2022]¹⁵³. A veszélyes anyagok és ezek sorában a toxikus nehézfém-tartalmú rakományok tengeri szállításáról a Nemzetközi Tengerészeti Szervezet előírásai rendelkeznek (1965-től) [IMO/IMDGC, 2020¹⁵⁴].
- A tengerekre vonatkozó szabályozás korábbi változatait is figyelembe vették az ENSZ-EGB folyami szállítási megállapodásának (2000) és a veszélyes áruk közúti szállítási egyezményének (1957) a kidolgozásánál. Ezek legújabb verziói felsorolják mindazon higany-, kadmium- és ólomtartalmú veszélyes árukat, amelyek nemzetközi szállítása nem engedélyezett vagy feltételekhez kötött [ADN, 2021¹⁵⁵; ADR, 2020]. A vasúti szállítások szabályozására külön nemzetközi szervezet alakult és ennek égisze alatt készült el egy jogi eszköz (1980), amelynek újabb kiadása felsorolja az érintett toxikus nehézfémeket és vegyületeiket [OTIF/RID, 2021].

Toxikus nehézfémek környezeti kibocsátása. E szennyező anyagok ipari és más emberi tevékenységek „akaratlan” következményeként is kerülhetnek a környezetbe és okozhatnak nemzetközi problémákat. A nagy távolságú terjedésre, az azzal foglalkozó tudományos együttműködésre már utaltunk, ezúttal csak a vonatkozó megállapodásokat idézzük fel.

- A nehézfémek légköri emissziójának csökkentésére 1998-ban készült el egy jegyzőkönyv az országhatárokon áterjedő levegőszennyezésről szóló 1979. évi páneurópai egyezmény

¹⁵¹ „In February 1944 the M/V Empire Knight, a 428-foot British freighter ran aground on Boon Island Ledge, Maine and later broke into two sections. The stern section which included the ship’s cargo holds sank in approximately 260 feet of water, one and one half miles from Boon Island Ledge. [...] Due to the presence of large amounts of hazardous mercury cargo, the U.S. Coast Guard has declared a Permanent Safety Zone around this wreck site.” (4-5. o.)

¹⁵² FAA Regulation Concerning Hazardous Air Cargo. Hearings before the Special Subcommittee on Investigations „Eastern, Northwest and Delta have all experienced spills involving metallic mercury, which seriously damaged several aircraft. In January of this year a TWA passenger flight had to return to the airport after take-off because of a spill involving mercury.” (531. o.)

¹⁵³ A légifuvarozásban (cargo) is bizonyos higany-, kadmium- vagy ólomtartalmú veszélyes áruk, anyagok felső súlykorláthoz kötöttek vagy teljességgel tiltottak, a személyszállításban ennél is szigorúbb szabályok vannak érvényben.

¹⁵⁴ Class 6.1: Toxic substances; Class 9: Miscellaneous dangerous and environmentally hazardous substances

¹⁵⁵ pl.: „mercury based pesticide”

hatálya alatt [CLRTAP/HM, 1998¹⁵⁶]. Ennek értelmében a kadmium, az ólom, a higany kibocsátásának megelőzésével vagy minimalizálásával el kell érni, hogy csökkenjen az országhatárokon való áterjedésük, az emberi egészségre és a környezetre gyakorolt káros hatásuk. Az előírások kibocsátási határértékeket, elérhető legjobb technikákat, valamint termékösszetétel-módosítási megoldásokat is feltüntettek, köztük a benzin-ólomadalék használatának beszüntetését, a szárazelemekben a higanytartalom csökkentését¹⁵⁷. Napjainkban e térségben, azaz az ENSZ-EGB-hez tartozó országokban már nincs forgalomban „ólmozott” üzemanyag, számos termék ólom-, illetve higanymentes lett. Egy külön szakértői csoport foglalkozik a légkörbe kibocsátott szennyező anyagok transzkontinentális vagy akár hemiszférikus terjedésének kérdéseivel; ugyanarra megállapításra jutottak, amire fentebb utaltunk: a nagy távolságú terjedés lehetősége különösképpen érvényes a higanyra (Hg⁰) [CLRTAP, 2010¹⁵⁸]. Következésképpen a páneurópai „nehézfémek” megállapodás végrehajtása hozzájárulhat e környezetterhelés globális szintű mérsékléséhez is.

- A nemzetközi vízfolyások szennyezéssel szembeni védelmére két nagyjelentőségű egyezmény született. Az 1992. évi páneurópai „határvízi” egyezmény globális hatályáról 2003-ban határoztak, azaz az e régióba nem tartozó államok számára is lehetővé vált a csatlakozás (2013-tól, amikor e módosítás hatályba lépett.) Az ebben feltüntetett veszélyes anyagok közé értendők a toxikus nehézfémek, amelyek vízi környezetbe bocsátásának megelőzése, csökkentése érdekében a partmenti államoknak „amennyiben ez lehetséges” intézkedéseiket egymással összhangban kell kidolgozniuk [CTWC, 1992]. E jogi eszköz valójában egy keretjellegű egyezmény, amelyik arra sarkallja az egyes nemzetközi vízfolyások parti államait, hogy megállapodásokat kössenek ezen egyezmény alapelveire támaszkodva. (Ez valósult meg pl. a Duna Védelmi Egyezmény kidolgozásakor, amelyik a veszélyes anyagok között felsorolja a higanyt, a kadmiumot és az ólmot [DRPC, 1994¹⁵⁹]). Az 1997. évi globális „Egyezmény a határokat átlépő vizek nem hajózási célú használatának jogáról” hasonlóképpen egy általános keretet biztosított a nemzetközi vízfolyások parti államai által megkötendő vagy megújítandó megállapodásokhoz azzal, hogy e felek határozzák meg azon szennyező anyagokat, amelyek jelentékeny környezeti vagy egészségi kárt okozhatnak [UNWC, 1997¹⁶⁰].

Az ólom hosszú időn át vadászati és halászati eszközök anyaga is volt anélkül, hogy felismerték volna az ezáltal (szó szerint is) „nem célzottan” a környezetbe kerülő ólomnak az élővilágra ártalmas hatását, vagy azt csupán elhanyagolhatónak ítélték meg.

¹⁵⁶ A cél mindhárom nehézfém esetében az volt, hogy az országok kibocsátása az 1990. évi szint alá kerüljön (bizonyos feltételekkel megadható volt más referenciaév). A jegyzőkönyv mellékletei meghatározott határidőn belül alkalmazandó, de nem kötelező érvényű előírásokat soroltak fel az ipari tevékenységekre (pl. fémkohászat), más kibocsátási forrásokra (pl. hulladékégetés) és e vegyi anyagokat tartalmazó termékekre (pl. higanyoxidos szárazelemek).

¹⁵⁷ Az országhatárokon áterjedő hatású ipari balesetek megelőzéséről, káros hatásai enyhítéséről szóló egyezmény [CTEIA, 1992] az ilyen balesetek kockázatai kapcsán hivatkozik általában a környezetre veszélyes toxikus anyagokra is, de a konkrétan megnevezett ilyen anyagok sorában csak a benzin kopogásgátló adalékaként használt ólomvegyületekre.

¹⁵⁸ Spatial and Temporal Variability in Inter-Continental Transport: „Given the above discussion, and knowledge of the main air mass transport pathways, it is clear that there is a high potential for emissions in Asia, North America and Europe, especially of Hg⁰, to be transported globally, and similar conclusions are likely for the Southern Hemisphere although there is little data available to confirm this.” (9. o.)

¹⁵⁹ II. melléklet 2. rész „Tájékoztató lista a veszélyes anyagokról és anyagcsoportokról”

¹⁶⁰ Article 21,3. Watercourse States shall [...] (c) Establishing lists of substances the introduction of which into the waters of an international watercourse is to be prohibited, limited, investigated or monitored.”

- „Megállapodás az afrikai-eurázsiai vándorló vízimadarak védelméről” [AEWA, 1995]. Ennek értelmében az ahhoz csatlakozó országoknak arra kell törekedniük, hogy megszűnjön az ólomsöréttel történő vadászat a vizes élőhelyeken, mindenekelőtt az ólommérgezésnek a nem elejtett egyedekre és általában a vizes területek élővilágára gyakorolt súlyos hatásai miatt. 1999-ben a részesek arról határoztak, hogy 2000-ig el kellene érni az ólomlövedékek használatának teljes megszüntetését az ilyen területeken történő vadászatban.
- „Egyezmény a vándorló vadon élő állatfajok védelméről” [CMS, 1979]. Az egyezmény részes feleinek 2014. évi határozatával elfogadtak és közzétettek egy útmutatót arról, hogy miért és miként korlátozhatnák önkéntesen az ólom alkalmazását a vadászatban és a halászatban. 2019-ben e használatból származó ólommérgezés addigiaknál hatékonyabb megelőzésének, csökkentésének, illetve szabályozásának érdekében pedig külön munkacsoportot hoztak létre.

Az Európai Unió nemcsak a veszélyes vegyi anyagok felhasználásának korlátozását szorgalmazó határozott álláspontot képviselt többek között a globális vegyianyag-stratégia, a higanyegyezmény és a többi említett megállapodás létrehozása során, hanem a tagállamok a közösségi szabályozásban is érvényesítették ezek előírásait hozzájárulva ezáltal a nemzetközi célok eléréséhez.

- Az EU a tagállamai „regionális szervezeteként” maga is részese lett a higanyegyezménynek, de ugyanígy más fentebb hivatkozott megállapodásoknak is.¹⁶¹ Az EU átfogó vegyianyag-szabályozását, azaz a vegyi anyagok regisztrálását, értékelését, engedélyezését és korlátozását szabályozó rendeletet pár hónappal a globális stratégia jóváhagyását követően 2006-ban fogadták el [EU-REACH, 2006], majd 2011-ben az egyes veszélyes anyagok elektromos és elektronikus berendezésekben való alkalmazását korlátozó irányelvet [EU-RoHS, 2011]. Ugyancsak 2006-ban látott napvilágot az elemekre és akkumulátorokra a közösségi jogi eszköz, majd 2013-ban annak „szigorított” változata [EU-Batteries, 2006, 2013].
- E közösségi jogi eszközök az egészség és a környezet védelme érdekében részletesen kitérnek a higanyt, az ólmot, a kadmiumot, bizonyos vegyületeiket tartalmazó termékek előállításának, forgalomba hozatalának, kereskedelmének, e-hulladékaik kezelésének szabályozására. Ezek mellett kifejezetten a higanyról szólt a 2008. évi „higanyrendelet”, amelyet 2017-ben megújítottak a Minamata Egyezményt is figyelembe véve. E rendeletben világossá tették, hogy ezáltal az EU hozzájárul az egyezmény céljainak eléréséhez, de azt is, hogy a teljes körű megoldás csak globális együttműködéssel lehetséges [EU-Mercury, 2017¹⁶²].

1.3.4. Globális egyezmény: a higanyról, de az ólom és a kadmium nélkül

A vegyianyag-stratégia [SAICM, 2006] és az újabb higanyértékelés [UNEP/GMA, 2008] elfogadását követően 2009-ben végre döntés született arról, hogy meg kell kezdeni a higanyról egy globális megállapodás kidolgozását.

¹⁶¹ A tagállamok mellett az EU is „regionális gazdasági együttműködési szervezetként” jogosult lett arra, hogy az e fejezetben tárgyalt több nemzetközi megállapodás részesévé váljon.

¹⁶² (1): „A higanyszennyezés határokon átnyúló jellege miatt az Unióban jelentkező összes higanylerakódás 40-80 %-a az Unión kívülről ered. Ebből adódóan helyi, regionális, nemzeti és nemzetközi szintű fellépésre van szükség.” (9): „Ennek a rendeletnek az uniós vívmányokat kiegészítő előírásokat kell megállapítania, amelyek révén biztosítható, hogy az uniós vívmányok teljes mértékben igazodjanak az egyezményhez, hogy ily módon lehetővé váljon az egyezmény [...] végrehajtása az Unió és tagállamai számára.”

Az egyezmény előkészítése hosszú ideig tartott az országok felettlőbb különböző helyzete és érdekei miatt, majd véglegesítésére 2013-ban került sor.



- Már utaltunk az egy évtizeddel korábbi előzményekre, miszerint 2003-ban a „Globális Higany Programról” lehetett csak egyetértésre jutni, pedig sokan érveltek amellett, hogy az ólomra és a kadmiumra ki kellene terjeszteni e programot, és legalább a higany esetében konkrét kötelezettségeket magában foglaló nemzetközi jogi eszközre lenne inkább szükség. Számos más fejlődő országgal egyetemben akkor még az USA is kifejezetten ellene volt egy ilyen egyezménynek (később nemcsak támogatta, hanem elsőként csatlakozott ahhoz 2013-ban). Velük szemben az összes akkori EU-tagállam és az „EU-társultak” többsége (köztük Magyarország) pártolta a mindhárom toxikus nehézfémre kiterjedő megállapodás elkészítését¹⁶³, az észak-európai államok csoportja pedig külön is hangsúlyozta a kadmium-felhasználás és -kibocsátás korlátozásának fontosságát [NCM, 2003¹⁶⁴].
- A leghatározottabban civil szervezetek érveltek a toxikus nehézfémekre vonatkozó globális szabályozás, illetve a higanytól való mielőbbi teljes megváltást célzó egyezmény mellett [BMWG, 2003¹⁶⁵]. E téma újra meg újra napirendre került: a nemzetközi vegyianyag-stratégia elfogadásakor (2006), az UNEP higanyprogramjának kibővítésekor (2007), az újabb megfigyelési adatok elemzésekor [UNEP/GMA, 2008].
- Az ENSZ Környezeti Programjának Kormányzó Tanácsa által 2009-ben folytatott vitában a hosszú ideje jól ismert érvek-ellenérvek hangzottak el. Az ólomhoz és a kadmiumhoz kötődő gazdasági érdekek miatt néhány delegáció ellenezte ezek bármiféle szabályozását, míg mások szerint e két nehézfém használatának korlátozása halaszthatatlan. A higany hatásainak eltérő megítéléséből fakadóan is nehezen összeegyeztethető vélemények hangzottak el arról, hogy önkéntesen végrehajtandó vagy kötelező érvényű intézkedésekre van-e szükség. Voltak, akik tudományosan még mindig nem kellően megalapozottnak és így idő előttinek, mások nagyon is időszerűnek tartották a teendők jogerővel történő rögzítését.¹⁶⁶
- Végül kompromisszumok kötöttek és az ezek eredményeképpen 2013-ban elfogadott Minamata Egyezmény csak a higanyról szólt [MCM, 2013]. Számos kivételt és átmeneti mentességi lehetőséget tartalmazott, a csatlakozó országok „önkéntes” döntésére bízta egyes alkalmazások korlátozását, és további egyeztetésektől tette függővé a higanyvegyületeket már nem vagy kevésbé használó eljárások és az utóbbiakra határértékek meghatározását.

¹⁶³ Az európaiak álláspontját jórészt alátámasztotta, hogy 1998-ban megszületett és 2003-ban hatályba lépett a „nehézfémek” jegyzőkönyv az ENSZ-EGB égisze alatt.

¹⁶⁴ „The environmental fate and the toxicity of cadmium calls for a global initiative aimed at minimising human and environmental consequences of the ongoing cadmium emissions. [...] Global efforts addressing cadmium may include a phase-out of cadmium in products as well as global agreements of improved emission control related to air as well as water emissions.” (4. o.)

¹⁶⁵ „The tripling in mercury levels in the global environment for the past 100 hundred years has resulted in increased risks to all peoples, wildlife and ecosystems [...]. Clearly, to avert a global mercury catastrophe, concrete and binding international action must be developed [...] in order to protect children and future generations from mercury exposure - the world's toxic time bomb.” (4. o.)

¹⁶⁶ E kötet szerzője is részt vett e tanácskozáson; külön is említésre méltó e vita néhány mozzanata: lényeges fordulat volt, hogy az USA csatlakozott a higanyegyezményt szükségesnek tartó EU-állásponthoz; India és Kína csak önkéntesen vállalható intézkedéseket tartott volna célszerűnek (később az egyes rendelkezések „nyitottabb” megfogalmazásával lehetett áthidalni e problémát); az ólommal és a kadmiummal kapcsolatos globális szabályozást – gazdasági érdekeltségeik miatt – elfogadhatatlannak tartotta pl. Ausztrália, Japán, Kína, Dél-Korea és az USA. A sok más résztermében is nagyon különböző álláspontokhoz képest szinte „csoda”, hogy rá négy évre elkészülhetett az egyezmény.

Kompromisszumok, kivételek. Az egyezmény lényegesebb rendelkezéseit áttekintettük és értékeltük egy korábbi összefoglaló írásban [Faragó, 2015]; ezúttal csupán néhány – az érdekegyezéseket és az érdekellentéteket jól tükröző – célt és sajátos kompromisszumot említünk.

- Kivételek, amelyek esetében semmilyen konkrét célról nem lehetett megállapodni, hanem csak arról, hogy minden részes fél mérlegelheti az ilyen alkalmazásoknál a higanyhasználat fokozatos csökkentését: védőoltások tartósítására alkalmazott vegyszer (thiomersal); fogászati amalgám; kézműves és kisüzemi aranybányászat (ASGM). Ez utóbbi társadalmi-gazdasági vetülete jól ismert volt mindenki számára, nevezetesen, hogy e tevékenység több millió ember megélhetését biztosítja a világon.
- A higanytartalmú hulladékok témájában megoldást jelentett, hogy a Minamata Egyezményben a veszélyes hulladékokról, azok nemzetközi szállításáról rendelkező 1989. évi Bázeli Egyezményre hagyatkozhattak [MCM, 2013¹⁶⁷].
- Konkrét célok, átmeneti mentességek: 2020-ig bizonyos higanytartalmú termékek előállításának, nemzetközi kereskedelmének megszüntetése; a PVC-gyártás alapanyagának (VCM) előállításához használt higany mennyiség felére csökkentése a 2010. évi sinthez képest; az adott állam csatlakozásától számított másfél évtizeden belül a higanybányainak bezárása és a kibocsátási forrásaiból (pl. széntüzelési erőműveiből) eredő „higanyos” légköri kibocsátások csökkentésére konkrét célszám meghatározása az egyezmény hatálybalépésétől számított tíz éven belül. E rendelkezések hatálya alól mentesség kérhető öt évre, ami akár egyszer meghosszabbítható.
- Az egyezmény 2017-ben lépett hatályba és sok állam még e sorok írásakor sem volt annak részese; így az említett kivételek miatt is a higany használata és bányászata még sokáig fennmaradhat.

1.3.5. Az ólom és a kadmium használatának globális „szabályozatlansága”

Nem sikerült megegyezésre jutni az ólmot, a kadmiumot és vegyületeiket illetően a globális szabályozás ügyében a káros hatásaikról és a hasznosításukról fennálló és eltérő álláspontok miatt.

- Az ólom és a kadmium kérdése nem kerülhetett be a Minamata Egyezmény szövegébe még a hatályának egy majdani kiterjesztési lehetőségére utaló említés szintjén sem. Az egyezmény kidolgozására 2009-ben létrehozott nemzetközi tárgyalási bizottság mandátumának vitájában felmerült és az akkori határozatban ugyan rögzítették, hogy a későbbiek során a két további nehézfémme kiegészülhet a bizottságnak adott felhatalmazás, de konszenzus hiányában e határozat már nem hivatkozhatott a higanyról, az ólomról és a kadmiumról is szóló, fentebb említett 2006. évi „Budapesti Nyilatkozatra” sem [IFCS, 2006].
- Globális szintű szabályozás helyett azóta is csak a korábban újtukra indított, az ólommentes üzemanyagokra való áttérést szorgalmazó és az ólomtartalmú festékek használata ellen fellépő nemzetközi együttműködési hálózatok tevékenységének elősegítése maradt az UNEP és a WHO egyik lehetősége [UNEP-PCFV, 2017; UNEP-LPA, 2019; WHO, 2020]. Emellett más ENSZ-szervezetekkel együtt támogatták az ólomra és a kadmiumra is kiterjedő globális vegyianyag-stratégia végrehajtását és megújítását. A hivatkozott természetvédelmi megállapodások (CMS, AEW) értelmében pedig legalább sokfelé megkezdődött az

¹⁶⁷ Article 11 Mercury wastes: „3. Each Party shall take appropriate measures so that mercury waste is: (a) Managed in an environmentally sound manner, taking into account the guidelines developed under the Basel Convention”

ólomhasználat megszüntetése a vadászatban és a halászatban, illetve konkrétan mindenekelőtt a vizes élőhelyek területén.

* * *

A toxikus nehézfémek által okozott súlyos egészségi és környezeti ártalmak feltárását és az ezzel a problémakörrel foglalkozó nemzetközi szakértői testületek által közreadott javaslatok, értékelő jelentések nyomán az ólom, a higany, a kadmium és különféle vegyületeik sokféle felhasználásának korlátozására ajánlások, programok, megállapodások születtek. Az alkalmazások jelentős része esetében azonban – azok megszokottsága, hasznossága, nehezen megoldható kiválthatósága (helyettesíthetősége) miatt, különösen az ólom és a kadmium esetében – nem sikerült megegyezni arról, hogy viszonylag rövid időn belül világszerte meg kellene szüntetni e toxikus anyagok használatát. Ugyanakkor legalábbis a higannyal kapcsolatban reménykeltő a 2013-ban megszületett globális szintű egyezmény az abban foglalt nagyszámú és hosszabb teljesítési határidőre utaló kompromisszum ellenére.

1.4. MEGVÁLUNK VÉGRE A TOXIKUS NEHÉZFÉMEK FELHASZNÁLÁSÁTÓL?

Fontos fejleménynek tekinthető, hogy a megfigyeléseknek, a tudományos vizsgálatoknak köszönhetően nemzetközi környezetpolitikai programok és megállapodások születtek a toxikus nehézfémek ügyében. Azonban csak a tartalmi elemek (konkrétabb célok, rendelkezések, eszközök), a kompromisszumokat tükröző megfogalmazások, a kivételek lehetőségei, a kötelező érvényű és az önkéntesen teljesíthető előírások, vállalások alapján ítéltető meg egy program vagy egy megállapodás végső célkitűzéséhez¹⁶⁸ mérhető „megfelelősége”, amit bevett módon *környezeti vagy ökológiai hatékonyságának* neveznek. Ezalatt elsősorban tehát azt értjük, hogy a kockázatok, a káros hatások kiterjedtségéről, súlyosságáról feltárt, tudományosan megalapozott ismeretekhez mérten milyen konkrétabb szabályozási, korlátozási célokról, beavatkozási intézkedésekről és eszközökről sikerült megegyezésre jutni, azokat minden fél által elfogadott módon rögzíteni a szóban forgó nemzetközi dokumentumokban. Ez utóbbiakhoz képest ítéltető meg e programok, megállapodások tevőleges végrehajtásával mérhető *intézményi és jogi hatékonysága*, azaz hogy legalábbis az elfogadott konkrétabb célokból ténylegesen mi valósul(t) meg. Az értékelést ez utóbbi szempontok mentén kezdjük (1.4.1., 1.4.2.).

1.4.1. A kötelezettségek megkülönböztetése és a teljesítést támogató eszközök

A nehézfémekre is kiterjedő nemzetközi programok, megállapodások végrehajtását érintő eredményessége (intézményi/jogi hatékonysága) lényegesen függött attól, hogy rendelkezéseik mennyire tükrözték az országok, országcsoportok eltérő helyzetét, érdekét, továbbá felelősségét e toxikus anyagok problémakörének kialakulásában, elkötelezettségét és lehetőségét az azokat alkalmazó, kibocsátó és/vagy tartalmazó technológiáktól, eszközöktől való megváltásra.

Egy program vagy egy megállapodás jelentősége a toxikus nehézfémek esetében is mindenekelőtt azon mérhető le, hogy mennyire lett „egyetemes”, azaz a végrehajtásába való formális bekapcsolódás – nemzetközi jogi eszköz esetében az ahhoz csatlakozók köre – mennyire lett vagy nem lett teljes.

- A 2006. évi globális stratégia (SAICM) – összhangban a 2002. évi fenntartható fejlődési terv fejezeteivel – egy ambiciózus, általánosan meghatározott célkitűzést tartalmazott 2020-as céldátummal és ennek részeként az ólom, a higany és a kadmium által okozott egészségi és

¹⁶⁸ objective, overall objective, ultimate objective [SAICM, 2006: IV.13; MCM, 2013: Art. 1.]

környezeti kockázatok csökkentését, valamint a stratégia cselekvési tervében néhány konkrétabb célt. A stratégia legnagyobb érdeme éppen a keretjellege, tehát az, hogy e tág témakör sok összetevőjére, cselekvési területére kitért és mindenkihez szólt, így a nem kormányzati és a nemzetközi szervezetekhez is a nemzeti kormányokon túlmenően [NCM, 2017]. Ugyanakkor először is azt célszerű tisztázni, hogy közülük hányan, milyen módon és mértékben azonosultak a stratégiában felsorolt teendőkkel, beleértve a nem kötelező beszámolók készítését és ezekben jelezve a nehézfémekkel kapcsolatos intézkedéseiket, eredményeiket is. Márpedig a végrehajtást koordináló nemzetközi szervezet, a Vegyi anyagkezelési Nemzetközi Konferencia (ICCM) előrehaladási jelentése szerint az országok alig több mint negyede, valamint csak néhány nem kormányzati és nemzetközi szervezet tett közzé ilyen információkat [ICCM, 2019].

- Amint arra utaltunk, a veszélyes vegyi anyagok, hulladékok nemzetközi forgalmazását szabályozó egyezmények kifejezetten érintik a toxikus nehézfémeket is. A Bázeli Egyezmény közel egyetemes lett, ahhoz szinte minden állam csatlakozott, a Rotterdami Egyezményből viszont több fejlődő kimaradt. (Külön is említendő, hogy mindkét egyezményt az USA aláírta, de egyiket sem ratifikálta). A Bázeli Egyezmény 1995. évi módosítása hosszú „vajúdas” után 2019 végén lépett hatályba: ennek értelmében a fejlett államok az egyezményben meghatározott veszélyes hulladékot nem exportálhatnak más államokba, következésképpen saját szigorú szabályozásuk alapján kell megfelelően gondoskodniuk a toxikus nehézfém tartalmú hulladékok minimalizálásáról, illetve ártalmatlanításáról. Jelzésértékű lehet e toxikus anyagokat tartalmazó hulladékok nemzetközi kereskedelmének fennmaradására, hogy az ENSZ-tagállamok közel fele nem csatlakozott a módosításhoz, közülük néhány fejlett állam sem (az USA-n kívül pl. Ausztrália, Kanada és Japán).
- A globális higanyegyezmény és a toxikus nehézfémekről szóló páneurópai jegyzőkönyv számos kivételt és átmeneti mentességet foglalt magában, de e nemzetközi jogi eszközök hatékonysága kapcsán is elsőként azt célszerű tisztázni, hogy mennyire lett teljes vagy inkább hiányos e megállapodásokat „felvállaló” államok köre. E sorok írásakor az ENSZ-tagállamoknak még közel egyharmada nem volt a higanyegyezmény részese – aminek a lehetséges okaira egy külön tanulmányban utaltunk [Farágó, 2018b] –, és hasonló volt a helyzet a páneurópai „nehézfémes” jegyzőkönyv esetében (értelemszerűen az e térségbe tartozó államok tekintetében). Az egyezmény szerint nemzeti jelentésekben kell közzétenni információkat az előírt feladatok időarányos teljesítéséről: e kötelezettségnek eddig a részes felek háromnegyede tett csak eleget.
- A kormányok és nem kormányzati szervezetek részvételével létrejött programokat eleve valamilyen konkrétabb cél mentén kezdeményezték: így az ólomtartalmú festékek „felszámolásáért” munkálkodó szövetség (LPA) célja az lett, hogy minden országban legyen erre jogszabály [UNEP-LPA, 2019]; eddig ezt az országok mintegy negyven százalékában sikerült csak elérni.

A végrehajtást elősegítő kiegészítő eszközök. E vegyi anyagokat érintő célokra, feladatokra, kötelezettségekre vonatkozó kompromisszumok mellett a beavatkozások és/vagy a hatások szempontjából nehezebb helyzetben lévő feleket támogató („intézményesített”) eszközöktől is függhetett, hogy mennyire lett általános egy-egy programban vagy megállapodásban való részvétel. A támogatások a toxikus nehézfémektől mentes „környezetbarát” termelési eszközök, eljárások kedvezményes biztosításán túlmenően a fejlődő országok olyan projektjeinek finanszírozását jelentik, amelyek elősegítik a nemzetközi egyeztetések során általuk elfogadott feladataik végrehajtását.

- Az ilyen célú intézmények sorába tartozik a Globális Környezeti Alap (GEF) [Pató & Faragó, 2004]. Számos globális környezetvédelmi megállapodás mellett ez lett a Minamata Egyezmény esetében is a végrehajtását támogató elsődleges nemzetközi pénzügyi mechanizmus [MCM, 2013¹⁶⁹].
- A 2006-as vegyi anyag-stratégiában ugyancsak hangsúlyozták e támogatások fontosságát. A Vegyi anyag-kezelési Nemzetközi Konferencia már említett 2019. évi jelentésében megállapítást nyert, hogy a közös stratégiai célok teljesíthetőségének az egyik fő akadálya a szükséges kapacitások hiánya volt a fejlődő országok nagy részében. Ez egyértelműen érvényes volt a hígannyal összefüggő vállalatokra is, és erre tekintettel állapodtak meg a szorosabb együttműködésről 2019-ben a Minamata Egyezmény és a Globális Környezeti Alap döntéshozó intézményei.¹⁷⁰

1.4.2. A „nehézfémek” nemzetközi programok, megállapodások végrehajtása

A kormányközi előkészítés, tárgyalási folyamat eredményeképpen elkészült programok, megállapodások végrehajtásának általános értékelésénél abból lehet és kell kiindulni, hogy az azokban szereplő konkrétabb célok, feladatok, kötelezettségek megvalósítására milyen nemzetközi és nemzeti szintű intézkedéseket határoztak meg.

A globális vegyi anyag-stratégia a 2020-ig tartó időszakra szól, és szorgalmazta a higany és a benzin-ólomadalék használatának beszüntetését, a toxikus nehézfémeket tartalmazó hulladékok teljes körű és megfelelő kezelését [SAICM, 2006]. Közeledve a 2020-as céldátumhoz készült el a végrehajtásról szóló jelentés és az újabb „Globális Vegyi anyag Előretételezés” c. dokumentum [Nurick, 2019; UNEP/GCO, 2019].

- Ezek megállapításai szerint: „A vegyi anyagok és a hulladék káros hatásainak minimalizálására irányuló globális cél nem fog teljesülni 2020-ig. [...] A legtöbb nehézfém (pl. az ólom és a higany) piaca stabil maradt. [...] A higanyt, az ólmot és más nehézfémeket továbbra is bányásszák, azok bekerülnek a termékekbe és a hulladékok által a környezetbe.” [UNEP/GCO, 2019¹⁷¹] E 2006-ban véglegesített stratégiában – mintegy előre látva, hogy egyértelműbb jogi kötelezettségek nélkül korlátozott hatékonyságúak lehetnek az abban rögzített rendelkezések – külön említették annak megfontolását, hogy egy nemzetközi jogi eszköz szülessen a higanyra¹⁷². Ennek is szerepe volt abban, hogy elkészült a higanyegezmény 2013-ra.
- A 2015-ben elfogadott fenntartható fejlődési stratégia [UN, 2015] végrehajtásának helyzetéről szóló jelentésben a fentivel egyező megállapítás található: a vegyi anyagok és a hulladékok megfelelő kezelésére kitűzött 2020-as cél nem lesz elérhető, ezért új és az

¹⁶⁹ Article 13. Financial resources and mechanism: „2. The overall effectiveness of implementation of this Convention by developing country Parties will be related to the effective implementation of this Article. [...] 7. The Global Environment Facility Trust Fund shall provide new, predictable, adequate and timely financial resources to meet costs in support of implementation of this Convention as agreed by the Conference of the Parties.”

¹⁷⁰ Memorandum of Understanding Between the Conference of the Parties to the Minamata Convention on Mercury and the Council of the Global Environment Facility. GEF/C.56/10/

¹⁷¹ „the sound management of chemicals and waste and minimizing adverse impacts will not be achieved by 2020. [...] Despite the regulatory actions taken, the market for most heavy metals (e.g. lead and mercury) remains stable. [...] Moreover, toxic chemicals such as mercury, lead and other heavy metals are mined, incorporated into products and disposed as wastes in the environment, where exposures of people and biota may be high.” (13., 19., 21. o.)

¹⁷² „58. Consider the need for further action on mercury, considering a full range of options, including the possibility of a legally binding instrument” [SAICM, 2006: 36. o.]

eddiginél hatékonyabb programra lesz szükség [UN/GSDR, 2019]. Elengedhetetlen a nagyobb összhang is a különböző programok és megállapodások végrehajtása és megújítása során, valamint az érintett nemzetközi szervezetek tevékenysége között (UNEP, FAO, ILO, WHO stb.). A toxikus nehézfémek esetében ennek kellene jobban érvényesülnie a higanyegyezményben és a globális fenntartható fejlődési stratégiában foglaltak megvalósítása során, továbbá az újabb vegyianyag-stratégia és biodiverzitási stratégia céljaival, cselekvési irányjaival való koherenciát illetően [UNEP, 2020a¹⁷³].

Az 1998. évi páneurópai „nehézfémek” megállapodás konkrét célszám meghatározása nélkül minden csatlakozó fél számára előírta a toxikus nehézfémek légköri kibocsátásának csökkentését. Azonban e jogi eszköz mellékletei a kibocsátási forrásokra számszerűsített és több esetben 5-10-éves határidőhöz, határértékhez kötött kötelezettségeket soroltak fel (meglévő és új, helyhez kötött forrásokra, mint amilyenek a széntüzelésű erőművek, klór-alkáli üzemek, hulladékégetők, továbbá termékekre, így a szárazelemekre). A 2012. évi módosítás a létező, helyhez kötött források (működő üzemek) esetében már 2020-as végső határidőt írt elő az új szigorúbb határértékek betartására, a klór-alkáli üzemekben pedig 2020 végéig a higanymentes eljárásra való átállásra vagy azok bezárására. E módosítás viszont csak 2022. február 8-án lépett hatályba és akkor is csupán az ahhoz csatlakozó, e régióba tartozó országok mintegy fele számára.

- A megállapodásban meghatározott kibocsátáscsökkentés végrehajtásának értékelésekor elsősorban az erről információkat közreadó országok adataira lehet támaszkodni. Ezek alapján a három toxikus nehézfém légköri kibocsátása csökkent e térségben és az innen a térség határain áterjedő ilyen levegőszennyező anyagok mennyisége is [EMEP, 2019]. Ebben jókora szerepe volt az EU-tagállamokra előírt, fentebb hivatkozott, e nehézfémekre kiterjedő közösségi szabályozásnak.
- Ugyanakkor a páneurópai országok területén e szennyező anyagok koncentrációjára számottevően hat a „kívülről” érkező higanyszennyezés, valamivel kevésbé pedig a légköri ólom- és kadmium-szennyezőanyag-áram [UNEP, 2010; EMEP, 2018]. A külső források egyik példája a PVC-gyártás során alkalmazott higanyos technológia, amit fokozatosan megszüntettek e térségben, de ami – tipikus példaként a remélhetően csak átmeneti „technológiai tehetetlenségnek” (bezáródásnak)¹⁷⁴ – máshol még megmaradt [Tremblay, 2016].
- E páneurópai megállapodást tehát globális jelentőségűnek tekinthetjük abban az értelemben, hogy az e térségből – bár csökkenő mértékben – kibocsátott toxikus nehézfém-szennyezés egy része a térség határain messze túlterjedhet, ugyanakkor különösen a higany esetében nem érhető el az egészség- és környezetkárosítás minimalizálása e térségben csupán a térségbeli országokban végrehajtott kibocsátáscsökkentő intézkedésekkel.

A 2013-ban jóváhagyott Minamata Egyezmény sok rendelkezése nem tartalmazott határidőhöz kötött célt, illetve célszámot, továbbá számos kivételt is említett, így mindezek miatt egyelőre nehezen ítéltető meg az egyezmény globális hatékonysága, azaz hogy végrehajtásával

¹⁷³ Linkages and Opportunities to coordinate and cooperate: „Ensuring the sound management of chemicals and waste is essential for advancing sustainable development across its social, economic and environmental dimensions. Chemistry and the chemical industry have important roles to play in achieving the sound management of chemicals and waste within a sustainable development context.” Biodiversity. Characterization and linkages: „the land degradation linked to informal mining or poorly regulated ASGM operations, often using mercury and occurring in the protected areas, needs to be tackled in a collaborative spirit by chemical governance and biodiversity actors.” (10., 23. o.)

¹⁷⁴ „technological lock-in”

ennyire mérsékelhetők mindenütt az emberi egészséget és a környezetet érintő súlyos toxikus hatások.

- Fentebb kiemeltük az egyezmény néhány 2020-as határidejű konkrétabb célját, de az ezek elérése érdekében tett erőfeszítések elégtelennek bizonyultak. A „higanyprobléma” megoldásáról eleve tudni lehetett, hogy egy olyan összetett és nehezen kezelhető ügyről van szó, amelynek nemcsak lényeges szociális és politikai vonzatai vannak, hanem amelyik más környezeti folyamatokkal is összefügg, több tudományágot és ágazatot érint [Chen, 2018¹⁷⁵; Bank, 2020¹⁷⁶].
- Az egyezményben jelzett egyes higanytartalmú termékek előállítása, nemzetközi kereskedelme nem szűnt meg 2020-ig; nem valósult meg a PVC-alapanyag (VCM) előállításához használt higany mennyiség felére csökkentése sem [UNEP/GCO, 2019].

A vadászati és a halászati ólomhasználat. A két korábban említett természetvédelmi megállapodásban mindenekelőtt a vizes élőhelyeken a sörétólm és az ólomnehezék alkalmazásával való felhagyást tűzték ki célul.

- A vándorló vízimadarak védelméről szóló megállapodás részes felei 1999-ben arról határoztak, hogy 2000-ig kellene teljesíteni e célt, majd – miután ez nem valósult meg – a rá tíz évre elfogadott stratégiai tervben az szerepelt, hogy 2017-ig elérendő a sörét használatának betiltása e területeken. Ehhez képest pár évvel az újabb határidő lejártá előtt a részesek kevesebb, mint feléről volt tudható ilyen „hazai” tiltás, korlátozás vagy legalább ennek előkészítése [AEWA, 2015], pedig az ólommentes gyakorlatra való áttérés megoldható lenne [Thomas & Guitart, 2018]. Tehát ebben az esetben is egyfelől a környezet- és természetvédelmi, illetve közvetve az emberi egészség megőrzésére összpontosító megfontolások, másfelől a gazdasági érdekek, a „bevett” technikákhoz kötődő megszokások ütköztek.
- Ugyanez a konfliktus tükröződött az Európai Unió keretében tervezett még szigorúbb szabályozás mellett és ellen érvelők vitájában. Az egészségi és környezeti ártalmakra tekintettel a terv szerint általában korlátozták volna 2020-at követően az ólomtartalmú lövedékek és a horgászólmok kereskedelmét, használatát, amit viszont teljességgel megalapozatlannak tartott a vadászok nemzetközi (CIC)¹⁷⁷ és európai szervezete [FACE, 2020¹⁷⁸].
- Hasonló jellegű vita alakult ki a kadmium esetében, amikor az EU szigorítani készült e toxikus anyag akkumulátorokban való használatát, amit indokolatlannak tartott a kadmium bányászatával, ipari felhasználásával, annak és az azt tartalmazó termékek kereskedelmével, forgalmazásával foglalkozó érdekképviselői szervezet (ICdA)¹⁷⁹.

Illegális és informális nemzetközi kereskedelem. Annak ellenére, hogy a Rotterdami Egyezmény és a Bázeli Egyezmény részletesen szabályozta a veszélyes anyagok és hulladékaik

¹⁷⁵ „Alterations of mercury cycling, mercury methylation, bioaccumulation, and trophic transfer due to climate and land use changes remain critical uncertainties in the ability of the Minamata Convention to reduce mercury releases and exposure.” (9559. o.)

¹⁷⁶ „The MCM exists at the science-policy interface that is inherently complex, because providing scientific advice to policymakers often occurs within an interdisciplinary framework that involves political and social spheres.” (2. o.) „New ways of thinking about this important environmental contaminant will be required in order to address this issue more holistically within the framework of MCM especially considering the incredibly short time frame, of six years, for the initial effectiveness evaluation.” (5. o.)

¹⁷⁷ International Council for Game and Wildlife Conservation (Conseil International de la Chasse)

¹⁷⁸ Federation of Associations for Hunting and Conservation of the EU (Fédération des Associations de Chasse et Conservation de la Faune Sauvage de l’UE)

¹⁷⁹ International Cadmium Association

forgalmazását, jelentékeny mértékű maradt e nehézfémeket illetően is az illegális és az informális kereskedelem:

- ebből a becslések szerint a számos fejlődő országban folytatódó aranybányászatban használt higany mennyiségnek mintegy a fele származik, de kisebb részben érintett lehet a klór-alkáli ipar is [UNEP, 2020b¹⁸⁰; IUCN-NL, 2020¹⁸¹];
- az ólomtartalmú festékek esetében pedig a globális előírások hiánya okozza a nemzetközi kereskedelem szabályozatlanságát és fennmaradását, és ezt nem tudja ellensúlyozni a festékek – legalábbis a nagyobb ólomtartalmú festékek – teljes betiltását szorgalmazó szervezet tevékenysége [UNEP, 2020b¹⁸²; UNEP-LPA, 2020].

1.4.3. A környezeti hatékonyság fokmérői: a tényleges folyamatok

Az említett programok, megállapodások tényszerű – környezeti, környezetegészségi jelzőszámokkal alátámasztható – hatékonyságát leginkább a higannyal, az ólommal és a kadmiummal kapcsolatos trendek igazolhatnák: azok bányászatának, feldolgozásának, hasznosításának jelentékeny mérséklése és ebből adódóan a kibocsátásaik, egészségi és környezeti ártalmai fokozatos csökkenése. Az eddigi nemzetközi szabályozásból és a jelenleg elérhető adatokból az látszik, hogy világméretben a toxikus anyagoktól való „megszabadulás” nem fog megoldódni rövid távon. A vegyi anyag-stratégia végrehajtását hátráltató tényezők és az azokkal kapcsolatos tanulságok többsége egyértelműen érvényes a nehézfémekre is [Nurick, 2019].

A hatékonyság megítélése nem egyszerű feladat sem a globális termelési, környezeti kibocsátási adatok hiányosságai, sem az elfogadott számos kompromisszum miatt, beleértve azt, hogy a stratégia nem tartalmazott jelentéstételi ajánlást, s ennek betudhatóan a feladatok teljesítéséről „önkéntesen” kevés ország adott közre információt [SAICM, 2019]. Ezekre és más adatforrásokra támaszkodva mégis bizonyos megállapítások megtehetők.

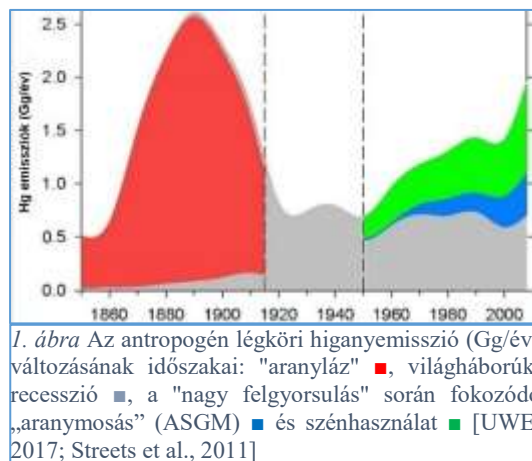
- Az idők folyamán az emberi tevékenységekből eredően óriási mennyiségű – összességében 350 ezer tonnára becsült – higanyszennyezés került a légkörbe, és ennek legnagyobb hányada a 19. század második felétől. A múlt század közepétől pedig a „nagy felgyorsulásnak” nevezett globális társadalmi-gazdasági folyamatok velejárójaként a „higanyos” alkalmazások és környezeti kibocsátások is nagyon meglódultak (1. ábra) [UWE, 2017; Streets et al., 2011].

¹⁸⁰ „about half of all mercury used in ASGM is traded illegally, and that for many of the individual countries involved, the use of illegal mercury is nearly 100 per cent.” (48. o.)

¹⁸¹ „During the research period (2018-2020), various factors aggravated the understanding of mercury trade and its supply chain. [...] First of all mercury is deeply embedded in the ASGM tradition. [...] The mercury trade is a lucrative business and many actors profit from it. Networks of informal mercury are well established and often linked to the gold trade, operating in a counter direction.” (39., 43. o.)

¹⁸² „With no international instruments governing trade in lead paint, the responsibility falls to the national level. Nearly one-third of countries impose lead paint controls [...] Fifteen per cent of these countries, however, do not regulate lead paint imports [...] In addition, national legislation banning trade in lead paint often allows exemptions for industrial uses, and the paint can end up in consumer markets in countries with weak or poorly enforced regulations.” (24-25. o.)

- A higany bányászata, használata és globális antropogén légköri kibocsátása továbbra is növekszik. Ez az emisszió jelenleg hozzávetőlegesen 2000-2500 t/év mértékű [UNEP/GMA, 2019]. Ezen belül különösen az ázsiai eredetű kibocsátások aránya emelkedett, az ágazati források sorában pedig a legmagasabb arányt képviseli az aranybányászat (ASGM), amit a széntüzelés követ, és ezek emellett még mindig jelentős a PVC alapanyagának (VCM) előállításában felhasznált higany mennyisége [UNEP/GMA, 2019; UNEP/GCO, 2019]. Ez utóbbi eljárás a legtöbb országban megszűnt, de még megmaradt Kínában, Indiában és Oroszországban; pedig már adott a higanymentes technológiára való átállás lehetősége, és ennek bevezetése számos más országban megtörtént [UNEP/GMA, 2019¹⁸³].
- A sokféle kivezetendő higanyos alkalmazás sorából egyet külön is kiemelünk: a fogászati amalgám felhasználása változatlan a WHO 2021. évi felmérésében elsősorban részt vevő fejlődő országok túlnyomó többségében [WHO, 2021]; a fejlődők jelentékeny része azonban nem is csatlakozott eddig a higanyegyezményhez.
- Az ólombányászat és -használat szintje lényegében nem változott, de a felhasznált mennyiség fele már újrahasznosításból származik, a bányászatból nyert ólom pedig főként kínai bányákból kerül ki. Globális szinten messze legtöbb ólmot még mindig az ólomsavas akkumulátorokhoz használják; e használat a becslések szerint tovább fog növekedni és így az ebből eredő környezetterhelés is [ILZSG, 2018, 2020; UNEP/GCO, 2019; BRC, 2019¹⁸⁴]. Ugyanakkor jelentős eredmény, hogy világszerte végképpen megszűnt a benzin ólmozása a nemzetközi és nemzeti szinten érvényesített szigorú előírásoknak és bizonyos technikai megoldások bevezetésének betudhatóan (módosított kőolaj-finomítási eljárás, más üzemanyag-adalék alkalmazása) [OECD & UNEP, 1999¹⁸⁵; PCFV, 2010; UNEP, 2021c¹⁸⁶].



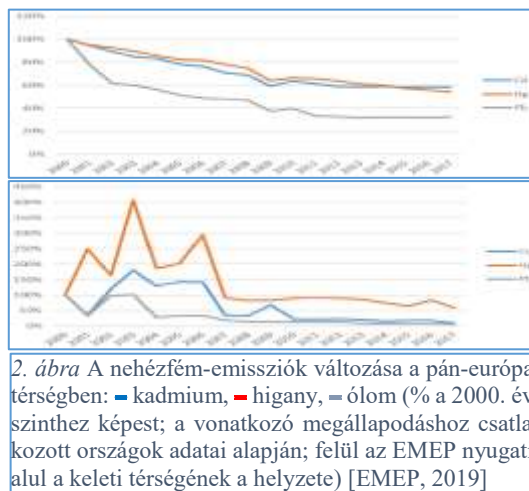
¹⁸³ „Emissions from intentional use of Hg in the chlor-alkali industry have been decreasing for some time in most areas of the world. In part this is due to increased attention to best practices to reduce emissions, but is primarily due to the shift from production based on the Hg-process to membrane production technology.” (3-26. o.)

¹⁸⁴ „Global lead mine production is projected to grow between 2018 to 2022, fueled by increased demand for lead acid batteries from the automobiles and electric bikes sectors, especially from China and the US.”

¹⁸⁵ „If lead is not added to gasoline, therefore, it is necessary to either modify the refinery process to raise the octane level of the unleaded gasoline pool or to add alternative octane enhancing additives or to reduce the vehicle octane requirement. In most countries, a mixture of the first two approaches is applied.” (5. o.)

¹⁸⁶ „2021 marked the end of leaded petrol after an almost 20-year campaign by the UNEP-led Global Partnership for Clean Fuels and Vehicles. Banning the use of leaded petrol in ground transport has been estimated to prevent more than 1.2 million premature deaths per year, increase children’s IQs, save USD 2.45 trillion a year for the global economy and decrease crime rates.” (16. o.)

- A kadmium-termelés mennyiségét és környezeti kibocsátását illetően gyakorlatilag változatlan a helyzet [Garside, 2020]. A legnagyobb mértékű használat a NiCd szárazelemek előállításából adódik és ugyan ez csökkenő tendenciát mutat, de eközben más alkalmazások kadmiumigénye emelkedik [UNEP/GCO, 2019]. Összességében a kadmium globális piacának bővülése várható [MRC, 2020¹⁸⁷]. Habár elsősorban a fejlett országokban már részletes szabályozások vannak érvényben, de a kadmiummal összefüggő egészségi problémák továbbra is komoly gondot jelentenek szerte a világban [WHO, 2019¹⁸⁸].



- A mindhárom toxikus nehézfémre kiterjedő, de „csak” páneurópai szintű megállapodásnak, illetve eddigi végrehajtásának köszönhetően e térségben jelentősen csökkentek a kibocsátások (2. ábra) [EMEP, 2019]¹⁸⁹.

1.4.4. A tudományos és politikai együttműködés erősítésének szükségessége

Az elmúlt évtizedekben megélénkült együttműködés eredményeképpen az említett programok, megállapodások mellett számos nemzetközi intézmény is létrejött. Azonban az is kiderült, hogy a veszélyes vegyi anyagok sorában a toxikus nehézfémek használatának és hatásainak értékeléséhez kiterjedtebb és elmélyültebb kutatásokra, tudományos eszmecserére, hathatósabb tudományos kommunikációra, ezek érdekében az intézményi keretek továbbfejlesztésére, és mindezek által – a káros egészségi és környezeti hatások mérsékléséhez – a tudomány és a politika közötti összhang javítására, az eddigieknél hatékonyabb, globális szinten koordinált beavatkozásokra van szükség.

A tudományos szervezetek kapcsolatai. A nehézfémek témakörében szerteágazó kutatások indultak és újabb intézmények szerveződtek az inter- és multidiszciplináris együttműködés támogatására.

- A vegyi anyagok, köztük a toxikus nehézfémek káros hatásait mind egyértelműbben jelző tudományos eredmények nem vagy nem kellőképpen érintették meg a „politika világát”, azaz korlátozottan hatottak a döntéshozókra. Ennek okait vizsgálta a 2008-ban megalakult Vegyianyag-szennyezési Nemzetközi Testület (IPCP). Elemzésük szerint a már meglévő szervezet (IOMC) feladat- és tevékenységi körét kellene kibővíteni, vagy a tudomány képviselőinek bevonásával létrehozni egy új kormányközi testületet ahhoz, hogy a kutatók eredményesebben járulhassanak hozzá a megfelelő célok, intézkedéseket tartalmazó nemzetközi megállapodások és programok kidolgozásához [IPCP, 2019]. (Ezzel mintegy átvinnék az éghajlatváltozás és a biológiai sokféleség témájában működő ilyen testületek,

¹⁸⁷ „cadmium market is to grow at 2-3% in near future; rechargeable nickel cadmium batteries will continue to be the leading consuming segment”

¹⁸⁸ „human activities, such as tobacco smoking, mining, smelting and refining of non-ferrous metals, fossil fuel combustion, incineration of municipal waste (especially cadmium-containing batteries and plastics), manufacture of phosphate fertilizers, and recycling of cadmium-plated steel scrap and electric and electronic waste; remobilization of historic sources, such as the contamination of watercourses by drainage water from metal mines or from waste sites. Cadmium releases can be carried to and deposited on areas remote from the sources of emission by means of long-range atmospheric transport.” (1. o.)

¹⁸⁹ A kibocsátások 2017. évi visszaesését elsősorban azzal magyarázzák, hogy az egyik EGB-tagállam nem közölt adatokat.

tehát az IPCC és az IPBES mintáját.) Végül 2022 márciusában az UNEP közgyűlése – a vegyi anyagok és a hulladékok megfelelő kezelésének elősegítésére – határozatot hozott egy „tudományos-politikai testület” megszervezéséről (SPP) [UNEP, 2022¹⁹⁰], és ugyanebben a hónapban a Minamata Egyezmény részesei létrehozták a „saját” tudományos tanácsadó testületüket [MCM, 2022¹⁹¹]. (Az SPP feladata lesz, hogy biztosítsa a tudományos alapokat a vegyi anyag-stratégia /SAICM, 2006-2020/ 2025-re elkészülő, megújított és kibővített változatának kidolgozásához.)

- A környezet- és társadalomtudományok képviselői és a politikai döntéshozók között az eddigieknél jobb összhangot biztosító új vegyi anyag-stratégia előkészítése megkezdődött. Ennek részeként a higany, az ólom, a kadmium esetében is jobban harmonizálható lehet majd: a biodiverzitási stratégia, a vegyi anyagokkal kapcsolatos egészségvédelmi cselekvési terv (WHO), továbbá a munkaegészségi ajánlások köre (ILO) és a mezőgazdaságban használt kemikáliákra vonatkozó eljárási kódex (FAO) [SAICM, 2020¹⁹²].
- A higanyal összefüggő teendők végrehajtása, pontosítása érdekében az UNEP elősegítette, hogy kibővüljön és megerősödjön a globális együttműködési hálózat (GMP) [MCM, 2021b¹⁹³]. A WHO szakértői testülete pedig újabb ajánlásokat fogalmazott meg a kadmium egészségkárosító hatásainak megelőzésére, illetve mérséklésére [WHO, 2019¹⁹⁴].

Az egyezmények és a testületeik kapcsolata. A már négy globális vegyi anyag-egyezmény – a rotterdami, a stockholmi, a minamatai egyezmény és a veszélyes vegyi anyag-hulladékokat is tárgyaló bázeli egyezmény (RC, SC, MC, BC) – a toxikus nehézfémeket illetően eltérő, de egymással szorosan összekapcsolódó kérdésekkel foglalkozik.

- A higanyegyezmény kidolgozását előíró döntés előtt felmerült, hogy e toxikus nehézfémekre ne egy új megállapodás keletkezzen, hanem e szabályozást a Bázeli Egyezmény vagy a Rotterdami Egyezmény, esetleg a perzisztens szerves szennyezőkről szóló 2001. évi Stockholmi Egyezmény kibővítésével lehetne elérni. Végül nem ezt a megoldást választották, hanem külön egyezmény készült (de csak a higanyra). Időközben az előbb említett három egyezmény részesei 2008-ban úgy határoztak, hogy „egyezményes” testületeik együttműködnek (egy közös titkárság segítségével is).
- A Minamata Egyezmény a „higanyos” hulladékok ügyében a Bázeli Egyezmény eljárásaira hagyatkozott, majd az is felmerült, hogy e higanyegyezmény testületei csatlakozzanak a korábban kidolgozott vegyi anyag-egyezmények testületei által folytatott tevékenységek koordinálását elősegítő, fentebb hivatkozott együttműködéshez [NCM, 2017].
- A páneurópai levegőtisztaság-védelmi egyezmény nehézfém-jegyzőkönyvének hatálya a higany, az ólom és a kadmium miatti környezetterhelésre is kiterjed. Mivel e nehézfémek és más szennyező anyagok gondja, beleértve azok terjedését, nem csak ezt a régiót érinti, ezért

¹⁹⁰ Resolution UNEP/EA.5/Res.8: „Science-policy panel to contribute further to the sound management of chemicals and waste and to prevent pollution”; SPP: Science-Policy Panel

¹⁹¹ Open-Ended Scientific Group (OESG)

¹⁹² A koronavírus-járvány nemcsak bizonyos környezeti, környezetterhelési folyamatokra hatott, hanem emiatt számos más nemzetközi együttműködési ügyszor hasonlóan a higanyegyezmény végrehajtásának egyeztetése, a 2020 utáni időszakra szóló új vegyi anyag-stratégia kidolgozása is „lelassult”.

¹⁹³ „the focus of work of the Partnership has been updated to reflect that it aims at supporting timely and effective implementation of the Convention; providing state of the art knowledge and science on mercury” (4. o.)

¹⁹⁴ „To decrease global environmental cadmium releases and reduce occupational and environmental exposure to cadmium and associated health effects [...]. Reduce, as far as is practicable, emissions of cadmium – particularly into surface waters – from mining and smelting, waste incineration, application of sewage sludge to the land, and use of phosphate fertilizers and cadmium-containing manure. [...] Promote the elimination of use of cadmium in products such as toys, jewellery and plastics.” (4. o.)

a 2020 utáni időszakra tervezett stratégiában – a kibocsátások szabályozása, a káros hatások csökkentése érdekében – kiemelték a kooperáció fontosságát az említett globális egyezmények testületeivel és más nemzetközi szervezetekkel (pl. UNEP, WHO) [CLRTAP, 2018¹⁹⁵, 2019¹⁹⁶].

1.5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS TANULSÁGOK

A toxikus nehézfémek hasznosításának,
ártalmaik feltárásának és mérséklésének története és tanulságai

„Bizonyos nehézfémek és nem-fémes ásványi anyagok [...] komoly veszélyt jelentenek az egészségre és a környezetre. Különböző veszélyes termékek és folyamatok már beépültek a jelenlegi termelési rendszerekbe és a mai társadalom által alkalmazott technológiai szerkezetbe. Még hosszú idő kell ahhoz, hogy ezek kevésbé veszélyes, önmagukban biztonságosabb technológiákkal és rendszerekkel legyenek lecserélhetők.”

„Közös jövőnk”, 1987¹⁹⁷

A toxikus nehézfémek felhasználásából eredő egészségi és környezeti problémák tudományos felismerési és politikai elismerési folyamatának, valamint e témakörben a nemzetközi együttműködés fejlődésének elemzése alapján számos, a jövőre is nézve fontos tanulság vonható le. Hiszen más egészség- és környezetkárosító hatótényezők esetében akár hasonló ellentmondásokon, fordulatokon keresztül tisztázódhatnak az ok-okozati összefüggések és határozhatók meg nemzetközi szinten is a teendők.

A higany, az ólom és a kadmium esetében az a paradox helyzet állt elő, hogy sokoldalúan hasznosíthatónak bizonyultak és egyúttal különösen káros hatásúaknak is. Ez utóbbiak feltárásában és globális szintűvé válásának kimutatásában az egészség- és a környezettudomány képviselőinek volt kitüntetett szerepe a múlt század 60-as, 70-es éveitől kezdődően.

- A higanyra és az ólomra ez az ellentmondásos helyzet évezredekken keresztül fennállt, mert egyrészt az egészségi és környezeti hatásokat nem vagy nem megfelelően azonosították, másrészt nem tűnt kellően indokoltnak, hogy lemondjanak a felhasználásukból adódó előnyökről. Mint a történelem során jó néhány más anyaghasználati, technológiai esetben, az ártalmakat nem létezőnek vagy a hasznossághoz képest elhanyagolhatónak tartó érvekkel szemben csak a súlyos következmények bizonyításával, az azokat igazoló tényadatok közzétételével lehetett fellépni.
- A már nemzetközi keretben folytatott megfigyelések és szakértői, tudományos vizsgálatok meghatározó jelentőségűek lettek e toxikus nehézfémeknek tulajdonítható hatások felismerésében, valamint a használatuk széles körű korlátozására, az ártalmaik csökkentésére, megszüntetésére irányuló nemzetközi ajánlások, programok és megállapodások kezdeményezésében.

¹⁹⁵ „5.(a) The Convention takes into consideration the global context of international cooperation to reduce air pollution [...] 15. The Convention also developed protocols that address persistent organic pollutants and heavy metals, including lead, cadmium and mercury. This leadership has paved the way for a global approach to these problems and inspired the Stockholm and the Minamata Conventions.”

¹⁹⁶ „6. We welcome the establishment of a forum for international cooperation on air pollution [...], focusing on exchange with other regions and working closely with other relevant initiatives, in line with the objectives of United Nations Environment Assembly resolution 3/8 on preventing and reducing air pollution to improve air quality globally.”

¹⁹⁷ A „Környezet és fejlődés világbizottság” jelentése [WCED, 1987] (magyar nyelvű kiadás: 261. o.)

A toxikus nehézfémekkel kapcsolatos eljárások, termékek, környezeti kibocsátások által globalizálódó problémakör megoldásához – az egyes országok és az érintett vállalkozások intézkedései mellett – elsősorban nemzetközi egyeztetésekre, illetve programokban, megállapodásokban meghatározott koordinált beavatkozásokra volt szükség. A megegyezések elérését, elfogadását is számos tényező befolyásolta: elősegítette vagy éppenséggel akadályozta.

- A közös fellépés céljait, cselekvési területeit, eszközeit, a vállalatokat tartalmazó nemzetközi környezet- és egészségpolitikai programok, megállapodások kidolgozását megnehezítette az egyes országok, országcsoportok felettébb eltérő helyzete e toxikus anyagokat használó alkalmazásokat, a náluk kifejtett káros hatásait és ez utóbbiak ismeretét illetően is.
- Lényeges környezetpolitikai előzményei voltak a toxikus nehézfémekről szóló nemzetközi ajánlásoknak, szabályozásoknak. A 2013. évi globális higanyegyezmény vonatkozásában ilyeneknek tekinthetők a veszélyes hulladékok, vegyi anyagok nemzetközi kereskedelmével foglalkozó egyes irányelvek, egyezmények, programok, illetve azok bizonyos rendelkezései (Kairói Irányelvek, 1987; Bázeli Egyezmény, 1989; Londoni Irányelvek, 1989; Rotterdami Egyezmény, 1998; globális vegyianyag-stratégia, 2006).
- A nemzetközi egyeztetési, kompromisszumkötési, egyetértési precedensek ebben a témakörben is fontosnak bizonyulhattak. A toxikus nehézfémekre jóváhagyott egyes rendelkezések, kompromisszumos megoldások esetében ugyanis átvettek korábban elfogadott, nemzetközi dokumentumokban (pl. ajánlásokban) foglalt „mintákat”, megoldásokat, avagy csupán hagytakoztak ilyenekre. Ez utóbbi leginkább egyértelmű a Minamata Egyezménynél, amelyik a higanytartalmú veszélyes hulladékokra a Bázeli Egyezmény alkalmazását írta elő.
- E nemzetközi szabályozások megvalósulásának elsődleges feltétele volt, hogy elfogadásukat követően „hatályosuljanak”: azok teljesítése mellett az államok elkötelezzék magukat, a rendelkezések, az előírások teljesítésére nemzeti intézkedési tervek szülessenek. Márpedig számos állam eddig nem lett részese a kifejezetten e toxikus nehézfémekkel foglalkozó megállapodásoknak (Minamata Egyezmény, CLRTAP/HM). Hasonlóképpen az elkötelezettség hiányát jelzik sok állam esetében azok az értékelések is, amelyek a globális vegyianyag-stratégiában és cselekvési tervében – a toxikus nehézfémekre is érvényesen – megadott konkrét célok nemzeti szintű „leképezésének” elmaradásáról szólnak [UNEP/GMA, 2019].

E programok és megállapodások hatékony végrehajtását több sajátos megfontolás és „megoldás” hátráltatta és hátráltatja jelenleg is. Ezek közül itt kettőt emelünk ki.

- A toxikus nehézfémek esetében az ambiciózusabb célok meghatározásának és az intézkedések hatékony végrehajtásának egyik alapvető akadálya a „technológiai tehetetlenség”. A kevésbé kockázatos eljárásokra, termékekre való áttérés ellen felhozott tipikus érvek: a bevált megoldás a szabályok betartásával biztonságos és költséghatékony; az e nehézfémektől mentes technológiák nem hatékonyak, magasabb költséggel járnak, és más jellegű gondokat okozhatnak. E „tehetetlenségre” néhány ismertebb példa: a PVC-termelési folyamatban (VCM-előállítás) és az aranybányászatban (ASGM) alkalmazott higanyos eljárás, az energiatároló eszközök sorában a kadmiumot tartalmazó NiCd-akkumulátor.
- Valamely ország részéről egy nemzeti vállalat teljesítését elősegítheti – de globális szinten nem járul hozzá a veszélyes hatások mérsékléséhez –, ha a környezet- és egészségkárosítással járó tevékenységet áthelyezik vagy az „áthelyeződik” egy másik országba. Ilyen „megoldást” jelentett, hogy miközben a PVC alapanyagának (VCM) higanykatalizátoros előállításával számos ország felhagyott, de azontúl e terméket a higanyos eljárást továbbra is alkalmazó

néhány országtól, így elsősorban Kínából szerzik be (ahol e termelés és a környezeti higanykibocsátás is növekszik).¹⁹⁸

Habár sokasodtak a megfigyelési és a tudományos vizsgálati információk e toxikus anyagok egészségi és környezeti hatásairól, de továbbra is nagy a különbség e globálissá vált probléma megoldására a tudomány által ajánlott és a politika által jóváhagyott célok között.

- Az egészség- és környezetpolitika „végső” célkitűzése lett az ólommal, a higannyal és a kadmiummal kapcsolatos emberi tevékenységekből fakadó káros hatások megszüntetése, ennek érdekében a különféle termékek és eljárások mentesítése e toxikus nehézfémektől.¹⁹⁹ Az országok eltérő helyzete, érdeke, beavatkozási lehetősége miatt nem halad a jelzett célkitűzés elérése érdekében – kompromisszumokkal, átmeneti mentességekkel – meghatározott konkrétabb „köztes” célok teljesítése sem olyan ütemben, ahogyan az a tudományos együttműködésben megfogalmazott ajánlásokból következne.
- Egyebek mellett a környezettudomány és környezetpolitika közötti eltérést tükrözi: a globális higanyegyezményben a fogászati amalgámra vagy az aranybányászathoz (ASGM) még alkalmazott higanyos eljárásra megkötött kompromisszum; a vízimadarakkal foglalkozó megállapodásban (AEWA) az ólomlőszerrel való felhagyásnak csak a „szorgalmazása” a vizes élőhelyeken; a globális egyezmény hiánya az ólomról és a kadmiumról.
- A programok, megállapodások nem megfelelő végrehajtása tovább tetézi e gondot. Ez egyaránt érvényes e toxikus nehézfémek használatával való felhagyásra, környezeti kibocsátásaik mérséklésére és a hulladékáramba kerülésük megakadályozására [UNEP/GMA, 2019²⁰⁰; UNEP, 2021a; UNEP, 2021b²⁰¹]. A higanyegyezmény hatékonyságának első átfogó értékelése pedig még egyébként is várat magára [MCM, 2021a²⁰²], hiszen az elfogadása óta viszonylag rövid idő telt el és az abban foglalt, a teljesítési határidőkre vonatkozó számos kompromisszum miatt csak hosszabb idő után várható komolyabb, globális szintű eredmény. Ehhez képest a páneurópai „nehézfémek” megállapodás viszonylagos eredményessége már jól kimutatható, amint erre fentebb utaltunk [EMEP, 2019].
- Idővel a szabályozások, az azokban foglalt célok és rendelkezések megfelelőségének, elégségességének felülvizsgálata, a végrehajtás értékelése nyomán meghatározhatóak lehetnek szigorúbb célok, kötelezettségek, hatékonyabb eszközök; erre jó példa volt a Bázeli Egyezmény módosítása (1995). A higanyegyezmény esetében ugyanilyen előrelépés történt, amikor a részes felek döntést hoztak néhány olyan „higanyos” termék előállításának és kereskedelmének, illetve higanyos eljárásnak a beszüntetéséről 2025-ös határidővel (pl. egyes világítóeszközök /CFL/, bizonyos mérőeszközök, a fogászati amalgám használata a 15 évesnél fiatalabbak és a terhes nők esetében) [MCM, 2022²⁰³]. (Értelemszerűen e

¹⁹⁸ A Kínai Nk. csatlakozott a higanyegyezményhez, amely szerint valamikor át kell térnie a higanymentes eljárásra.

¹⁹⁹ de-leadification, de-mercurisation, de-cadmiumisation

²⁰⁰ „Human activities have increased total atmospheric mercury concentrations by about 450% above natural levels. This increase includes the effects of mercury emitted from human sources in the past which is still circulating in the biosphere, known as legacy mercury.” (3. o.)

²⁰¹ „hazardous waste and more specifically e-waste contain hazardous substances such as lead, cadmium, mercury [...] The capacity for environmentally sound management of such hazardous waste is still lacking in many developing countries and countries with economies in transition” (76. o.)

²⁰² „the Conference of the Parties evaluate the effectiveness of the Convention beginning no later than six years after the date of entry into force of the Convention [...] (d) Consider establishing an effectiveness evaluation committee tasked with preparing a report on the effectiveness of the Convention and overseeing scientific and technical work in that regard; (e) Consider the indicators for evaluating the effectiveness of the Convention”

²⁰³ Decision MC-4/3: Review of and amendments to annexes A and B to the Minamata Convention

kötelezettségek nem vonatkoznak arra a több mint ötven államra, amelyek eddig nem csatlakoztak az egyezményhez).

- A toxikus nehézfémekkel összefüggő gondok és azok megoldási lehetőségei közvetlenül kapcsolódnak a globális fenntartható fejlődési programhoz, annak számos célterületéhez [UN, 2015; NCM, 2017; SAICM, 2020]. Tehát a fenntartható fejlődési célok megvalósításához e kritikus „nehézfémes” területen is az eddigieknél többre van szükség: a nemzetközi megállapodások hatékonyabb teljesítésére, további szigorítására, a toxikus nehézfémekre kiterjedő ambiciózusabb és átfogó globális stratégiára, egymással összhangban álló szakterületi – egészségügyi, környezeti, „fenntartható” iparfejlesztési – programok kidolgozására és végrehajtására.
- Mindezekre tekintettel – érthetően – elsősorban a környezet- és az egészségüggyel foglalkozó nemzetközi szakértői testületek sürgetik e toxikus szennyező anyagok terjedésére és káros hatásaira is kiterjedően a globális monitoring- és értékelő rendszer fejlesztését, az eddigieknél hatékonyabb kockázatsökkentő intézkedéseket [Lancet, 2022²⁰⁴].

²⁰⁴ „We present specific recommendations for pollution and health, building on the earlier recommendations in the Lancet Commission on pollution and health. [...] International organisations need to revise pollution tracking for the SDGs to correctly represent the effect of chemicals pollution including heavy metals. [...] International organisations and national governments need to invest in generating data and analytics to underpin evidence-based interventions to address environmental health risks.” (e544. o.)

2. VESZÉLYES SZENNYEZŐ ANYAGAINK SZERTE A VILÁGBAN

„A mindannyiunk által a környezetet fenyegető hatások közül a leginkább aggasztó a levegő, a föld, a folyók és a tenger elszennyezése veszélyes és akár pusztulást okozó anyagokkal.”

Rachel Carson, 1962²⁰⁵

„[V]ajon eljut a modern ember a Marsra, miközben saját bolygóján, a Földön, térdig gázol a szemétben?”

Barbara Ward & René Dubos, 1972²⁰⁶

„A vegyi anyagok a mindennapi életünk részei. [...] De ha rosszul használjuk és kezeljük, akkor a veszélyes vegyi anyagok és hulladékok károsíthatják az emberi egészséget és a környezetet.”

Joyce Msuya, 2019²⁰⁷

- 2.1. A környezetszennyezés, a hulladékprobléma globalizálódása
 - 2.1.1. Sokféle és sokasodó szennyező anyag, növekvő és veszélyes hulladékáram
 - 2.1.2. A nemzetközi vetületek felismerése és elismerése
- 2.2. Veszélyes hulladékok és hatásaik
 - 2.2.1. Állékony szerves szennyezők: hulladékban és hulladékból
 - 2.2.2. Nehézfémek a hulladékban
 - 2.2.3. A hulladékból eredő üvegházhatású gáz kibocsátások
 - 2.2.4. Geológiai szerkezetek mint hulladéktárolók
- 2.3. Nemzetközi hulladékkereskedelem
 - 2.3.1. A hulladékoktól való megváltás „egyszerű” módja?
 - 2.3.2. A hulladékkereskedelem és a veszélyes anyagok szállításának szabályozása
 - 2.3.3. Visszaszorul az illegális kereskedelem?
- 2.4. Szennyező anyagok nemzetközi területeken
 - 2.4.1. A tengerekbe kerülő szennyező anyagok, hulladékok
 - 2.4.2. Hulladékok a Déli-sarkvidéken
 - 2.4.3. Az „űr hulladék”
- 2.5. Átfogó globális programok
 - 2.5.1. A fenntartható fejlődés és a „fenntartható” vegyi anyag- és hulladékgazdálkodás
 - 2.5.2. A termelésből és a fogyasztásból származó környezetterhelés
 - 2.5.3. Milyen legyen a gazdaság: zöld és/vagy körforgásos?
- 2.6. Következtetések és tanulságok

A természetből nyert anyagok, a mesterségesen előállított vegyi anyagok (a tág értelemben vett „mű”-anyagok) növekvő mértékű és sokszor alacsony anyagfelhasználási hatékonyságú feldolgozása és alkalmazása, az ilyen anyagok és az azokat tartalmazó termékek hasznosítás utáni „feleslegessé” válása emelkedő szintű globális hulladék-, illetve szennyezőanyag-áram létrejöttéhez vezetett. Az emberi tevékenységek következtében sokféleképpen kerülnek különböző halmazállapotú ilyen anyagok – akár a kibocsátási forrásuktól távolra is eljutva – a természeti környezetbe. Ennek a fejezetnek a tárgya a szennyező anyagok, mindenekelőtt a különféle jellegű, állagú és hatású veszélyes hulladékok által előidézett környezetterhelés: a

²⁰⁵ „Néma tavasz” [Carson, 1962: 6. o.]

²⁰⁶ A szerzők „Only One Earth” c. könyvéből vett idézet [Ward & Dubos, 1972; 1975: 158. o.]

²⁰⁷ Az UNEP ügyvezető igazgatójának előszava [UNEP-GCO, 2019: vi. o.]

problémakör olyan összetevőit veszünk sorra, amelyeknek jelentősebb nemzetközi vetületei vannak és emiatt a megoldásukra is valamilyen nemzetközi válaszok születtek.

2.1. A KÖRNYEZETSZENNYEZÉS, A HULLADÉKPROBLÉMA GLOBALIZÁLÓDÁSA

2.1.1. Sokféle és sokasodó szennyező anyag, növekvő és veszélyes hulladékáram

A szennyezőanyag-kibocsátás, a hulladéktermelés és „hajtóerők”. A történelmi feljegyzésekből kitűnik, hogy a korai időkben a kommunális hulladéktól, a szennyvíztől milyen „elemi” módon szabadultak meg és ez esetenként járványokhoz is hozzájárulhatott. A szennyező anyagok, a hulladékok, a káros és akár nagy távolságra terjedő hatásaik növekvő problémájának valóban hatékony megoldásával – a megelőzéssel, minimalizálással, megfelelő ártalmatlanítással – nem vagy alig foglalkoztak a múlt század derekáig.

- Legalább a közvetlen egészségi ártalmak kockázatai miatt kellett vagy kellett volna mindig is biztonságos megoldást találni elsősorban a nagyobb településeken keletkezett hulladékra. Valójában csak a 19. század végétől kezdték meg néhány nagyvárosban ennek szervezett elszállítását, kezelését [Worrell & Vesilind, 2012²⁰⁸].
- A múlt század közepétől a világnépesség, globális léptékben a termelés és a fogyasztás ugrásszerű növekedése együtt járt a természeti erőforrások fokozottabb felhasználásával, a természeti környezet kiterjedt átalakításával, valamint egyre több forrásból eredően a szennyező anyagok, a hulladékok mennyiségének emelkedésével. A világban végbemenő városiasodás is ráerősített e környezetterhelésre. E folyamatok számottevő eltéréssel alakultak a fejlett és a fejlődő országokban.
- Mai szemmel és a jelenlegi helyzetben is figyelemre méltó, ahogyan sok évtizeddel ezelőtt a legfejlettebb országokban elterjedő pazarló fogyasztási „minták” következményeit részletesen jellemezte és elemezte Vance Packard a „hulladékszinálóról” avagy „hulladéktermelőkről” szóló könyvében [Packard, 1960²⁰⁹].

A hulladékok sokfélesége és ezen belül különösen a veszélyes hulladékok miatt nemcsak általában lett szükség az ezekkel való törődésre és mindenekelőtt a keletkezésük mérséklésére, illetve megelőzésére, hanem minden sajátos tulajdonságú válfajuk esetében a megfelelő „szelektív” megközelítésre. Ehhez először is azok keletkezési okait, forrásait kellett azonosítani.²¹⁰

- A települési hulladékok sorába a szilárd hulladékon²¹¹ kívül beletartozik a települési folyékony hulladék leggyakrabban emlegetett összetevőjeként a szennyvíz. Az élelmiszerhulladék önmagában is kényes (etikai) kérdéseket vet fel, de egyúttal rendkívüli mértékben megnövelte a lerakókba kerülő szerves hulladék arányát.

²⁰⁸ Az első hulladékégetőt az „Újvilágban” New Yorkban 1887-ben építették meg. (2. o.)

²⁰⁹ „Prodigality is the spirit of the era. Historians, I suspect, may allude to this as the Throwaway Age.” (10. o.)

²¹⁰ A környezetszennyező anyagok körébe tartozóan tehát elsősorban a veszélyes szennyező anyagokkal, hulladékokkal foglalkozunk e fejezetben. Ugyanakkor a kutatások, a hivatkozott nemzetközi programok és megállapodások több esetben kitérnek általában is a tág értelemben vett és globális jelentőségűvé vált hulladékárammal összefüggő problémákra. Különböző forrásaik, jellegük szerint a hulladékokra sokféle hivatalos és kevésbé hivatalos szakkifejezés létezik; nem célunk ezek taglalása, de az alábbiakban többnyire igazodunk a hivatkozott szakirodalmi forrásokban használt terminológiához. (Itt csak megemlítjük a hulladékfajtákra gyakrabban használt angol kifejezéseket, úgymint: waste, contaminant, debris, garbage, litter, refuse, rubbish, trash).

²¹¹ municipal solid waste (MSW)

- A legkritikusabb és legnehezebben kezelhető üggyé a veszélyes hulladékféleségek mennyiségének emelkedése vált a múlt század közepétől gyorsan felfutó iparosodás és mezőgazdasági vegyszerhasználat nyomán (ideértve a veszélyesnek minősített hulladékvizet is²¹²).
- „A természet e modernkori megterhelése egyébként nemcsak azt jelentette, hogy több lett a szennyeződés, hanem azt is, hogy a hulladék jellege is megváltozott. Az újfajta technológiai eljárások [...] módot adtak merőben új anyagok feltalálására, és a hatalmasan fejlődő ipari szervezetek hulladék anyagát ma még kiszámíthatatlan veszélyelemekkel is megtették.” [Ward & Dubos, 1972; 1975: 67. o.]

A társadalmi-gazdasági és környezetpolitikai változások, amelyeknek az 1970-es évektől lehettünk tanúi a szennyezőanyag-kibocsátásra, a hulladékproblémára is hatással voltak. Ennek hátterében olyan tényezők említhetők, mint: a globális társadalmi-gazdasági folyamatok „nagy felgyorsulás”-ából eredő környezetterhelési következmények észlelése; a fejlett országok jó részében bevezetett kezdeti környezeti, környezetszennyezés-mérséklési szabályozások, de egyúttal azok és végrehajtásuk hiányosságai; a veszélyes vegyi anyagok és hulladékaik mennyiségének növekedése; az utóbbiak adásvételére is mind nyitottabbá váló világkereskedelem.

- Az 1972. évi stockholmi környezeti ENSZ-konferencia záródokumentumában már nemcsak általában volt szó a környezetszennyezés és a hulladékok miatti gondokról, hanem külön ajánlások szerepeltek többek között az országhatárokon áttérjedő szennyező anyagokkal kapcsolatos vizsgálatokra, szabályozásra, a veszélyes vegyi anyag-hulladékokkal, a mezőgazdasági és a radioaktív hulladékokkal való megfelelő törődésre [UN, 1972].
- Bizonyos hulladékok keletkezésével és kezelésével a saját feladatkörükben régebb óta foglalkozó szervezetek (WHO, FAO, IAEA) mellett az ENSZ Környezeti Programjában – már az 1972. évi létrehozását nem sokkal követően – helyet kapott ez a téma. E szervezetek tevékenysége és több nem kormányzati szervezeté is főként annak megértéséhez járult hozzá, hogy mindenütt komoly probléma az emelkedő hulladékmennyiség, és nem folytatható tovább a hulladék – különösképpen a veszélyes hulladék – szabályozatlan ártalmatlanítása, valamiképpen és „valahol” való elhelyezése, lerakása, illetve elégetése, ami bevett eljárás volt az 1960-1970-es évekig [UNEP/GWMO, 2015²¹³].
- A Római Klub globális látletele és jövőképe sem mellőzte az exponenciálisan növekvő szennyezőanyag-mennyiség és hulladéktömeg felemlítését [Meadows et al., 1972²¹⁴], bemutatva azok különféle forrásait és az olyan lehetséges megoldásokat is, amelyekkel megállítható e tendencia és újra elérhető egy megfelelő „egyensúlyi állapot”, ezáltal a káros kibocsátások és hatások növekedésének is az abbamaradása.
- A Nobel-díjas Gábor Dénes által vezetett kutatócsoport még alaposabban elmélyedt a hatékonyabb erőforrás-gazdálkodást is elősegítő hulladék-megelőzési, környezetszennyezés-

²¹² „Wastewater: used water from any combination of domestic, industrial, commercial or agricultural activities, surface runoff or stormwater, and any sewer inflow or sewer infiltration” [Tilley et al., 2014]

²¹³ „Until the emergence of the environmental movement in the 1960s and 1970s, the norm was for uncontrolled disposal or burning of wastes, sometimes on a large scale at a centralized site. The local environmental impacts through air pollution, surface and groundwater pollution and land and marine contamination were often severe, leading to numerous scandals caused in particular by abandoned dumpsites which had received hazardous waste.” (27. o.)

²¹⁴ „The wastes of human civilization can build up in the environment until they become visible, annoying, and even harmful. Mercury in ocean fish, lead particles in city air, mountains of urban trash, oil slicks on beaches – these are the results of the increasing flow of resources into and out of man's hands. It is little wonder, then, that another exponentially increasing quantity in the world system is pollution.” (68-69. o.)

csökkentési lehetőségek értékelésében az energia- és anyaggazdálkodás, valamint a mezőgazdaság területén. Általános érvényű megállapításuk volt, hogy az addigi módon nem folytatható az erőforrások pazarló felhasználásából adódó hulladékképződés és környezetkárosítás, és e téren sokkal felelősségteljesebb megközelítésre van szükség [Gabor et al., 1976²¹⁵].

2.1.2. A nemzetközi vetületek felismerése és elismerése

A hulladékok és ezen belül a veszélyes összetevők mennyiségének bővülése azáltal vált nemzetközi, majd globális jelentőségűvé, hogy környezeti hatásaik „átlépték” az országhatárokat, és a nemzeti fennhatóság alá nem tartozó térségeket is elérte e hulladékáram.

A hulladéktól való „megszabadulás” néhány sajátos módja terjedt el, ami annak az országnak a határain, illetve a fennhatósága alá tartozó területeken kívül valósult meg, ahol e hulladék keletkezett.

- A fejlett országokban az 1970-es évektől kezdődően szigorodó hulladékgazdálkodási szabályozás megemelkedett költségvonzatainak egyik következménye lett a harmadik világba irányuló, emelkedő mértékű hulladékszállítás – kihasználva a fogadó országok nem létező vagy sokkal lazább rendelkezéseit. Ezt kiválthatta vagy kiegészíthette az a megoldás, amikor a veszélyes hulladékot nemzeti fennhatóság alá nem tartozó tengeri területeken „ártalmatlanították”, azaz elsüllyesztették [Faragó, 2013; Rakonczi, 2019²¹⁶].
- Nem csak a hulladék indulhatott „vándorútra”. Kihasználva a kiszemelt fejlődő országokban a helyi „érdekeltség” meglétén túlmenően a munkaegészségügyi és környezetvédelmi előírások hiányát, megnyílt a lehetőség komolyabb környezetszennyezéssel, veszélyes hulladék képződésével járó termelés áttelepítésére is.
- Az országhatárokon átjuttatott, valahol „elhagyott” veszélyes hulladékok miatti konfliktusok mintegy kikényszerítették azt, hogy nemzetközi szinten szabályozottabb mederbe tereljék a hulladékkezelést.

A globális szintű „hulladékos” ajánlások, programok, megállapodások létrejöttét is elősegítette a nemzetközi politikai légkör változása az 1980-as évek végétől. A kutatási együttműködés megélénkült, nemzetközi intézmények alakultak, ajánlásokat, programokat, megállapodásokat kezdeményeztek és fogadtak el, amelyek legalább részben e témakörrel, a teendőkkel és a végrehajtás elősegítésével foglalkoztak.

- Az 1983-1987 között az ENSZ-közügyűlés felkérésére tényfeltáró munkát végző „Környezet és Fejlődés Világbizottság” a veszélyes hulladékok kérdéskörét is vizsgálta és arra jutott, hogy e problémára mielőbb megoldást kell találni, beleértve a hulladékokkal összefüggő

²¹⁵ „The world is at a new and critical stage. [...] Our consumer-oriented industrial society has irresponsibly exploited the world's non-renewable and easily accessible mineral resources. It has destroyed enormous areas of once fertile land. In many places we have endangered and killed life by pollution of air and water. [...] The Problem of Waste. The analysis made in this report has emphasized the trend in today's society to waste the precious natural resources of energy, raw materials and food; and has illustrated how technologies – even the most advanced ones – are in many cases intrinsically wasteful. [...] In this situation the need for reducing waste in order to prolong the availability of natural resources and to limit environmental damage has become indispensable.” (1., 212. o.)

²¹⁶ „The diverse level of severity of environmental regulations in countries has also made the waste problem a global one. The high cost of hazardous waste management has ‘encouraged’ owners to look for cheaper options for disposal. This led to marine disposal and later practices disguised as ‘waste trade’.” (203. o.)

környezetszennyezés terjedését és a hulladékok „terjesztését”, nemzetközi szállítását [WCED, 1987²¹⁷].

- A neves kutatók által összeállított „A világ helyzete” című 1991. évi elemző tanulmányban külön fejezetet szenteltek ennek az ügynek, hangsúlyozva, hogy legcélszerűbb a hulladékképződés megelőzése az anyaghasználat mérséklésével [Young, 1991: 49. o.]: „A forráscsökkentés – a hulladékcsökkentés oly módon, hogy elsősorban kevesebb anyagot használunk fel – gyakorlatilag mindenki szerint a legjobb hulladékkezelési stratégia”. Ilyen előzmények után szinte magától értetődő volt, hogy az 1992. évi ENSZ-csúcstalálkozón elfogadott világprogram több fejezete is a szennyező anyagok és a hulladékok problémájáról, illetve a teendőkről szólt [UN, 1992].
- Ebben a tág témakörben is kulcsfontosságúak a tudományos kutatások a vonatkozó feladatok megalapozásához. Az egyik legátfogóbb megközelítést a természet és a társadalom sokoldalú és bővülő „anyag- és energiaceréjével”, a társadalmi metabolizmussal²¹⁸ foglalkozó vizsgálatok jelentik, amely koncepció jól illeszkedik az „Antropocén” elméletének továbbfejlesztéséhez nemcsak a természeti erőforrások gyorsuló ütemű túlhasználata, hanem a nagy mennyiségű hulladék és a környezeti kibocsátások tekintetében is [Görg et al., 2020²¹⁹]. A kutatási eredményekre figyelemmel határozták meg, majd fokozatosan pontosították és szigorították a szennyezéscsökkentési, fenntartható hulladékgazdálkodási célokat.

* * *

A szennyezőanyag- és hulladékprobléma globalizálódott, beleértve a káros környezeti kibocsátások növekedését, a veszélyes hulladékok keletkezését és mindezek egészségi és környezeti hatásait. Sajátos megjelenési formáit mutatjuk be az alábbiakban, amelyek jól érzékeltethetik, hogy mennyire és hányféle módon terebélyesedett ki e folyamat. Mindegyik esetben többé vagy kevésbé hatékony nemzetközi válaszok – ajánlások, programok, megállapodások – születtek. E környezetterhelő folyamatok akár különálló és önmagukban megoldandó problémáknak tűnhetnek, de valójában, „eredendő” okaikon, hajtóerőiken és a hatásaikon keresztül egymással is összefüggenek. Emiatt különösen lényegesek az ezt követően áttekintett és értékelt átfogó megközelítésű globális programok, feladattervek, stratégiák.

²¹⁷ „(75.) Industrialized countries generate about 90 per cent of the world's hazardous wastes. [...] (76.) A large number of potentially hazardous sites may also exist in concentrated industrial-urban areas in centrally planned economies as well as in developing countries. [...] (77.) Waste management in developing countries suffers from a variety of problems. [...] (78.) The overriding policy objective must be to reduce the amount of waste generated and to transform an increasing amount into resources for use and reuse. This will reduce the volume that otherwise must be treated or disposed of through incineration, land disposal, or dumping at sea. [...] (79.) The amount of wastes crossing national frontiers is increasing and is likely to continue to do so. [...]” (188-189. o.)

²¹⁸ social metabolism, socioeconomic metabolism

²¹⁹ „The social metabolism is at once generalizable and highly specific to the society in question. At the national level, industrialized societies, for example, obtain their required material and energy inputs both from domestic agriculture, forestry and mining and from imports; they dedicate a high and increasing share of these inputs to stock-building, produce large amounts of wastes and emissions and export materials and energy to other societies on the output side. [...] If the Anthropocene represents the major challenge for current societies, and if the Great Acceleration is the most convincing argument to explain fundamental shifts in the state and functioning of the Earth system, then it is decisive whether certain transformation strategies are able to address this challenge” (44., 55. o.)

2.2. VESZÉLYES HULLADÉKOK ÉS HATÁSAIK

2.2.1. Állékony szerves szennyezők: hulladékban és hulladékból

A környezetbe kerülő, ott sokáig megmaradó – más szóval állékony avagy perzisztens –, az élő szervezetekben felhalmozódó egyes szerves vegyi anyagoknak súlyos hatásaik vannak. Világszerte egyre több ilyen, a vegyipar által előállított anyagot alkalmaztak a múlt század közepétől. Globális problémává azáltal is váltak, hogy a termelésük során és felhasználásukat követően keletkezett veszélyes hulladék vagy a hulladékégetőbe kerülve az onnan eredő légköri szennyezőanyag-kibocsátás eljuthatott a keletkezési helyétől, forrásától távoli területekre.

A perzisztens szerves vegyületek közé tartoznak növényvédő szerek (peszticidek), mint a DDT, és különböző berendezésekben, termékekben, termelési folyamatokban való alkalmazásra előállított vegyi anyagok (PCB-k, azaz poliklórozott bifenilek pl. transzformátorokban).

- A fel nem használt ilyen vegyületek (POC) – szerek, szermaradványok – a környezetbe hulladékként bekerülve perzisztens szerves szennyező anyagként (POP) folytatják „pályafutásukat”²²⁰ [Ritter et al., 1995]. Ugyancsak akaratlanul a levegőkörnyezet által közvetített környezetszennyezést eredményezhet, amikor a fentebb hivatkozott valamely növényvédő szer kipermetezésekor annak egy része – a nem megfelelő eszköz, eljárás vagy a légáramlás következtében – elsodródik [Kelso et al., 1975²²¹; Gil & Sinfort, 2005].
- Míg az említett vegyi anyagok valamilyen konkrét célra készülnek, addig másféle környezetszennyező vegyületek (dioxinok, furánok) ipari folyamatok melléktermékeként vagy hulladékégetés során keletkeznek [Fiedler, 1996; UNEP, 1999²²²].
- Sokféle állékony, biológiailag felhalmozódó és mérgező hatású (PBT), valamint ugyancsak toxikus egyéb vegyi anyagot (CMR) tartanak már nyilván²²³ [Matthies et al., 2016; Darvas, 2006]. A globális környezetvédelmi és környezetegészségi együttműködésben értelemszerűen főként azokat vizsgálják, amelyekkel kapcsolatos gondok sok országot érintenek, és amelyek különféle módon – e termékek és hulladékaik szállításával vagy a környezetbe kikerülve a természetes áramlási folyamatokkal – az előállítási, felhasználási, illetve kibocsátási helyüktől akár több ezer kilométerre eljutva fejthetik ki káros hatásukat.

A perzisztens szerves szennyezők ártalmainak és terjedésének feltárása. Hosszú története van a természetes eredetű, majd szintetikus úton előállított, különböző kártevők ellen alkalmazott kemikáliáknak²²⁴ (pl. arzénvegyületeknek), amelyek jelentős mellékhatásaival sokáig nem számoltak [Jansen, 2000; Russel, 2001; Lipnick & Muir, 2001²²⁵].

²²⁰ persistent organic compound (POC), persistent organic pollutant (POP)

²²¹ „The waste of pesticides at the time of application is a result of two major mechanisms: overapplication and nonuniform distribution. Loss of pesticides at the time of application are primarily the result of pesticides drift away from the target area [...] and may pose both an immediate and long-term hazard to the surrounding environment.”

²²² „Polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDD) and polychlorinated dibenzofurans (PCDF) are environmental contaminants detectable in almost all compartments of the global ecosystem in trace amounts. In contrast to other chemicals of environmental concern [...], PCDD/PCDF never were produced intentionally. They are formed as by-products of numerous industrial activities and all combustion processes” [Fiedler et al., 1990]

²²³ perzisztens, bioakkumulatív és toxikus (PBT); rákkeltő, mutagén, reprotoxikus (CMR)

²²⁴ A tág értelemben vett „biocidek”.

²²⁵ „The history of persistent, bioaccumulative, and toxic chemicals (PBTs) is traced in this chapter from the 1825 synthesis of technical "benzene hexachloride (BHC)" by Faraday to the current international efforts to phase out 12 "persistent, organic pollutants" (POPs) [...] In the 1930s, new uses were sought for chlorine, leading to the discovery of a number of chlorinated insecticidal chemicals, including DDT” (1. o.)

- A szerves vegyi anyagok sorába tartozó DDT 19. századi szintetizálása után több mint hatvan évvel Paul Müller tárta fel 1939-ben rovarirtóként való – így a maláriát terjesztő szúnyogok elleni küzdelemben is – hatékony alkalmazhatóságát; felfedezését 1948-ban orvosi Nobel-díjjal ismerték el²²⁶. E szert nagy mennyiségben állították elő, mígnem akaratlan környezeti hatásainak elismertetésében gyökeres fordulatot hozott Rachel Carson „Néma tavasz” című könyvének megjelenése [Carson, 1962²²⁷]. Ezt követően vita alakult ki a „hasznosság kontra ártalmasság” viszonyt eltérően megítélő szakértők között, de végül több országban előbb korlátozták, majd betiltották e szer használatát [Faragó, 2018]. Ilyen problémák kutatására szakosodott az 1960-as évek végétől az ökotoxikológiai tudományág [Truhaut, 1975; Milinki, 2013].
- Más szintetikus növényvédő szerekről, iparban alkalmazott vegyszerekről, valamint ipari folyamatok, szilárd tüzelőanyagok elégetése és hulladékégetés során kibocsátott szennyező anyagokról (dioxinokról, furánokról) is kimutatták, hogy felettébb toxikusak, a környezetben lassan bomlanak le, biológiailag – a szárazföldi és vízi ökoszisztémákban – felhalmozódnak. A veszélyességükre kirívó példát szolgáltatott egy 1976-os olaszországi ipari katasztrófa, amikor Seveso település közelében egy növényvédőszert előállító vegyi üzemben történt robbanás nyomán kibocsátott és a térségben szétterülő dioxin-gáz komoly egészségi és környezeti károkat okozott [Eskenazi et al., 2018].
- A környezetbe került efféle vegyületek egy része messzire is eljutott, jelenlétük kimutatható lett szinte mindenütt, beleértve a sarkvidéki területeket, azok élővilágát [Moore, 1967²²⁸; Savoniva et al., 1995; Geisz, 2004]. E veszélyes anyagokat tartalmazó hulladék keletkezése és kezelése is világprobléma lett [Atkins, 1972; Felsot et al., 2003²²⁹].
- Miután egyértelművé vált e folyamatok súlyossága és nem jártak kellő eredménnyel a szerves szennyező anyagok környezetbe már kikerült mennyiségének csökkentését célzó technológiai megoldások, meghatározó jelentőségűek maradtak a megelőzésre – e vegyi anyagok előállításának, alkalmazásának, környezeti kibocsátásának, hulladékká válásának mérséklésére, illetve megszüntetésére – irányuló kutatások, eljárások és intézkedések [Lesage & Cretin, 2015]. A leggyakrabban felemlített növényvédő szerek mellett ne feledkezzünk meg a már említett és egyebek mellett transzformátorokban, kondenzátorokban, motorolajokban alkalmazott toxikus poliklórozott bifenilekről (PCB) sem, amelyek előállítása fokozódó mértékben 1929-től vette kezdetét, és amelyeknek ugyancsak globális léptékű hatásai lettek [Ritter et al., 1995²³⁰].

²²⁶ „for his discovery of the high efficiency of DDT as a contact poison against several arthropods”

²²⁷ „Since the mid-1940s over 200 basic chemicals have been created for use in killing insects, weeds, rodents, and other organisms described in the modern vernacular as "pests" [...] These sprays, dusts, and aerosols are now applied almost universally to farms, gardens, forests, and homes – nonselective chemicals that have the power to kill every insect, the "good" and the "bad", to still the song of birds [...] Since DDT was released for civilian use, a process of escalation has been going on in which ever more toxic materials must be found.” (7. o.)

²²⁸ „So far organochlorine insecticide residues have been found in most of the specimens analysed [...]; they have been recovered from plants in the Arctic, and from seals, penguins, skuas and fish from the Antarctic” (23. o.)

²²⁹ „All countries have had to face problems of pesticide waste, although the nature of the problems and therefore the focus of attention are somewhat different between the highly industrialized countries and the developing countries. [...] Regardless of a country's stage of development, literally every aspect of pesticide technology creates waste.” (124. o.)

²³⁰ „The properties of unusual persistence, when coupled with other characteristics such as semi-volatility, have resulted in the presence of compounds such as PCBs all over the world, even in regions where they have never been used.” „PCBs have been manufactured since 1929, first by Monsanto Chemical Corporation in the USA, and were used widely in transformer and capacitor oils [...]. From the early 1970s to the mid-1980s, the use of PCBs was progressively restricted to closed electrical systems, where they remain in use throughout most of the world.” (1., 93. o.)

A szakértői együttműködés intézményei elősegítették e szerves szennyező anyagok célzott és akaratlan hatásainak feltárását és az eredmények, valamint az azokra alapozott ajánlások közreadását.

- Az 1960-as évektől a peszticidek hatásvizsgálatára a nemzetközi mezőgazdasági és az egészségügyi szervezet is szakértőket kért fel²³¹ [FAO & WHO, 1965]. Később jóval részletesebb elemzések készültek e vegyi anyagokra kiterjedően a veszélyes hulladékaik megfelelő kezelési lehetőségeiről az egészség-, a munkaegészség- és a környezetüggyel foglalkozó szervezetek közreműködésével útjára indított Kémiai Biztonsági Nemzetközi Program (IPCS) keretében [WHO/IPCS, 1996]. Említésre méltó, hogy az ENSZ-től függetlenül e problémakört is vizsgálták az 1976-tól működő Toxikológiai Fórum résztvevői (ennek szervezésében aktív szerepet töltött be Somogyi Árpád).
- Az 1992. évi ENSZ-világkonferencia után az együttműködés tovább bővült egy globális kormányközi fórum létrehozásával (Kémiai Biztonsági Kormányközi Fórum, IFCS) és még több szakosított intézmény részvételével (IOMC). A nemzetközi ajánlásokra is tekintettel ekkorra több országban, köztük hazánkban, az említett peszticidek egy részének termelését és használatát betiltották, valamint szabályozták a megmaradt készletek és a hulladékaik sorsát.
- E témakörnek kiemelkedő figyelmet szenteltek az Északi-sarkvidék mentén fekvő országok által 1996-ban megalakított szervezetben²³², 1994-től a három észak-amerikai állam közös környezetvédelmi programjában²³³, valamint az 1990-es évek végétől az OECD keretében²³⁴. Az EU-tagállamok előbb egyes növényvédő szerekre (pl. DDT), majd általában az állékony szerves szennyező anyagokra, illetve ezek veszélyes hulladékaire vezettek be közösségi szabályokat²³⁵.

A globális programok kidolgozásához a veszélyes hatásokat illetően már több mint elegendő tudományos-szakmai ismeret és azokra alapozott ajánlás volt adott az 1980-as évek második felében. Egyúttal a nemzetközi politikai légkör kedvezőbbre fordult, ami ebben az ügyben is lényeges körülmény volt a széles körű kormányközi együttműködéshez.

- A növényvédő szerek forgalmazásának fellendülésével e vegyi anyagok és hulladékaik miatti kockázatok megnövekedtek. Ennek mérséklése érdekében a FAO önkéntesen alkalmazandó eljárási útmutatót vezetett be 1985-ben, amely a fel nem használt peszticidek és a veszélyes hulladéknak számító tartályaik, csomagolásuk ártalmatlanítására is ajánlásokat tartalmazott [FAO, 1985]. E kódexet azóta többször módosították, kiegészítették.
- A fenntartható fejlődésről 1992 és 2015 között jóváhagyott ENSZ-programokban a vegyianyag- és hulladékkezelési teendők értelemszerűen az állékony szerves szennyezőkre is vonatkoztak. Az 1992-es program már külön kiemelte a „toxikus, perzisztens, bio-



²³¹ FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment; WHO Expert Group on Pesticide Residues

²³² Arctic Council Action Plan to Eliminate Pollution of the Arctic

²³³ North American Agreement on Environmental Cooperation: „Sound Management of Chemicals” initiative, 1997

²³⁴ OECD: Harmonised integrated classification system for human health and environmental hazards of chemical substances, 2001

²³⁵ 79/117/EGK irányelv a meghatározott hatóanyagokat tartalmazó növényvédő szerek forgalomba hozatalának és használatának tilalmáról; 850/2004/EK rendelet és 2019/1021/EU rendelet a környezetben tartósan megmaradó szerves szennyező anyagokról

akkumulatív” anyagok és veszélyes hulladékaik megfelelő ártalmatlanításának a fontosságát [UN, 1992²³⁶].

- A szennyező anyagok globális szabályozásának szükségességéről is ekkor kezdődtek meg az egyeztetések az UNEP fórumain; mindenekelőtt a tengeri környezetet károsító, szárazföldön folytatott tevékenységekre készült egy globális cselekvési program [UNEP/GPA-LbA, 1995], amely kitért az e módon a tengerbe jutó perzisztens szennyezőkre is, beleértve az azokat tartalmazó hulladékokat és a hulladékégetésből eredő emissziókat²³⁷.
- A vegyi anyagok „fenntartható” kezelésének stratégiája és annak cselekvési terve pedig tulajdonképpen a vegyi anyag-egyezmények végrehajtását is elősegítő eszköz lett; ennek megfelelően rendelkezett a környezetben tartósan megmaradó szerves szennyező anyagokkal kapcsolatos kockázatsökkentő feladatokról [SAICM, 2006: VI.20.b., SAICM/GPA C.11²³⁸].

A globális POP-egyezmény kidolgozásáról 1995-ben született határozat [UNEP, 1995]. Ekkor már folyamatban volt az ENSZ-EGB 1979. évi „levegős” egyezményének (CLRTAP) hatálya alá tartozó POP-jegyzőkönyv előkészítése, de a fejlődő országok számára is nyilvánvaló lett, hogy csak globális szabályozással mentesülhetnek a peszticidek országhatárokon áterjedő ártalmaitól.

- Először azoknak a szennyező anyagoknak a globális szabályozását tűzték ki célul, amelyeket a páneurópai jegyzőkönyv tervezése során számításba vettek²³⁹: e 12 anyag sorában a PCB-k, dioxinok és furánok mellett a többi növényvédő szer volt, amelyek hulladékaira, környezeti kibocsátásaira is vonatkoztak az előírások [Ritter et al., 1995].
- A páneurópai jogszabály végül 16 vegyi anyagról rendelkezett [CLRTAP/POP, 1998²⁴⁰]. Ebben előírták egyes esetekben a betiltást vagy az átmeneti korlátozást, a megmaradt és már fel nem használható készletek ártalmatlanítását a veszélyes hulladékokra érvényes előírásokkal összhangban, valamint rendelkeztek bizonyos határértékek betartásáról a hulladékégetésből eredő kibocsátásokra (dioxin és furán). A szabályozott anyagok körét később bővítették, a korábbi előírásokat és a hulladékégetés kibocsátási határértékeit pedig szigorították.



²³⁶ „19.21(a): Strengthening research on safe/safer alternatives to toxic chemicals that pose an unreasonable and otherwise unmanageable risk to the environment or human health and to those that are toxic, persistent and bio-accumulative and that cannot be adequately controlled; 20.13(c): Governments should intensify research and development activities on cost-effective alternatives for processes and substances that currently result in the generation of hazardous wastes that pose particular problems for environmentally sound disposal or treatment, the possibility of ultimate phase-out of those substances that present an unreasonable or otherwise unmanageable risk and are toxic, persistent and bio-accumulative to be considered as soon as practicable.”

²³⁷ „103 (a) To reduce and/or eliminate emissions and discharges of POPs that threaten to accumulate to dangerous levels in the marine and coastal environment; [...] (c) To use cleaner production processes, including best available techniques, to reduce and/or eliminate hazardous by-products associated with production, incineration and combustion [...]; 143. Uncontrolled burning of litter containing plastics may generate significant quantities of POPs, metals and hydrocarbons which can reach the marine and coastal environment.”

²³⁸ GPA, A.9: „Under the risk reduction objective, work areas aimed at protecting human health and the environment would include the development of action plans [...]. Groups of chemicals that might be prioritized [...], include: persistent, bioaccumulative and toxic substances (PBTs); very persistent and very bioaccumulative substances; chemicals that are carcinogens or mutagens or that adversely affect, inter alia, the reproductive, endocrine, immune or nervous systems; persistent organic pollutants (POPs)”

²³⁹ PCBs, dioxins and furans, aldrin, dieldrin, DDT, endrin, chlordane, hexachlorobenzene, mirex, toxaphene, heptachlor (végül a jegyzőkönyvbe bekerült 4 további POP: chlordecone, hexabromobiphenyl, HCH, PAHs)

²⁴⁰ A magyar delegáció tagjaként e kötet szerzője ott lehetett a dániai Aarhus-ban 1998-ban megtartott páneurópai környezetvédelmi konferencián, ahol megtörtént a POP-jegyzőkönyv véglegesítése és aláírásra megnyitása.

- A 2001-re elkészült globális „stockholmi” egyezmény [SC, 2001] követte a páneurópai jegyzőkönyv koncepcióját, de a hatálya csak az abban eredetileg figyelembe vett 12 vegyi anyagra terjedt ki. Az egyezmény részletesen foglalkozik ezen anyagok veszélyes hulladékként történő kezelésével²⁴¹, valamint a szilárd tüzelőanyagok felhasználása, a hulladékégetés és egyes ipari tevékenységek során „nem-szándékosan” keletkező légköri POP-kibocsátásokkal. E globális jogi eszköz azonban – a különböző fejlett és fejlődő országok jelentősen eltérő helyzete miatt – többek között nem állapított meg a hulladékégetés legjobb elérhető technikáira (BAT) kibocsátási határértékeket. Az egyezmény által szabályozott anyagok körét később bővítették: 2020-ban már 30-féle vegyi anyag előállítására és felhasználására volt tiltó vagy korlátozó, a már felhasználhatatlan (hulladéknak számító) mennyiségekre pedig ártalmatlanítási kötelezettség.
- A nemzetközi hulladékkereskedelmet a továbbiakban külön taglaljuk, itt csupán megemlítjük, hogy a veszélyes hulladékok szállításáról szóló Bázeli Egyezmény hatálya kiterjed az állékony szerves vegyi anyagokra és konkrétan hivatkozik a szigorú export-import szabályozás kapcsán a peszticid hulladékokra, valamint a POP-körbe tartozó további anyagokra is [BC, 1989: Annex VIII, List A A4030²⁴²; PCB-k, furánok, dioxinok A3180, A4110].

Ellentmondásos helyzet alakult ki e vegyi anyagok előállítása és alkalmazása miatt: hatékonynak bizonyultak mezőgazdasági, ipari és más célokra, miközben a környezetbe kikerülve már szennyező anyagként, hulladékként súlyos mellékhatásokat okoztak.

- A 2001. évi globális egyezményhez szinte minden ENSZ-tagállam csatlakozott, de sajátos módon az USA ezt nem tette meg, miközben az érintett peszticidek használatát betiltották. (Az USA nem részese a páneurópai jegyzőkönyvnek sem.) Néhány országban – bár kisebb mennyiségben – továbbra is előállítottak az egyezményben hivatkozott és „megszüntetendő” peszticideket, de DDT-t már feltehetően csak egy országban (India) [WHO/IARC, 2019²⁴³; UNEP/POP, 2021²⁴⁴]. A környezeti kibocsátások nyomai még mindig azonosíthatók a korábbi kibocsátási forrásoktól távoli területeken is [WHO/IARC, 2019].
- A hivatkozott nemzetközi megállapodások, ajánlások, programok és az azok alapján megtett nemzeti intézkedések hozzájárultak e vegyi anyagok termelésének, felhasználásának és káros hatásainak csökkentéséhez. Az állékony szerves szennyező anyagok nemzetközi szabályozási hatékonyságának értékeléséből viszont az is kitűnt, hogy lassult a környezeti kibocsátásaik mérséklődésének üteme [UNEP/POP, 2017²⁴⁵].
- Az egyezmény hatálya alá tartozó egyes vegyi anyagoktól (pl. PCB-k) való „megszabadulás” és így az azokból eredő környezetterhelés felszámolása még jó ideig eltarthat [UNEP/POP,

²⁴¹ (Art.6) „wastes, including products and articles upon becoming wastes, consisting of, containing or contaminated with a chemical listed in Annex A, B or C, are managed in a manner protective of human health and the environment, each Party shall: [...] Take appropriate measures so that such wastes, including products and articles upon becoming wastes [...] Disposed of in such a way that the persistent organic pollutant content is destroyed or irreversibly transformed”

²⁴² „A4030: Wastes from the production, formulation and use of biocides and phytopharmaceuticals, including waste pesticides and herbicides which are off-specification, outdated, or unfit for their originally intended use”

²⁴³ „7 companies in the USA in 2016 reported production of aldrin and/or dieldrin” (195. o.)

²⁴⁴ „(11.) It is most likely that India is currently still the only producer of DDT. Contemporary data on production amounts by India are not available but, nonetheless, it is safe to assume that production amounts have correlated to the use amounts, which have shown a declining trend in previous years”

²⁴⁵ „Data show clear declines for legacy POPs from the 1970s until 2000 and little changes thereafter. This observation may reflect the effectiveness of measures taken earlier. Primary emissions (e.g. from stockpiles/waste/recycling) and secondary emissions (e.g. reemission from environmental sinks) may sustain levels in biotic and abiotic environments long after the implementation of regulations.” (102-103. o.)

2019²⁴⁶]. A közelmúltban végzett nemzetközi felmérés szerint az egyezményben feltüntetett növényvédő szerek hulladékainak és a már felhasználhatatlanná vált maradványainak a biztonságos ártalmatlanítása nem megoldott elsősorban a fejlődő országokban [WHO & FAO, 2019²⁴⁷; SAICM, 2020²⁴⁸]. Különösképpen a DDT esetében még igencsak jelentékeny e szer hulladékának, illetve a már hulladéknak tekintendő „maradványának” a mennyisége [UNEP/POP, 2021²⁴⁹].

* * *

Az állékony szerves vegyi anyagokról és hulladékaikról, a környezeti kibocsátásaikról, terjedésükről, káros egészségi és környezeti hatásaikról sokkal több tudományos ismeret áll rendelkezésre. Mégis különféle gazdasági érdekeltségi, technikai jellegű vagy más okokból korlátozottan sikerült a megállapodások vagy az ezekre az anyagokra is kiterjedő globális stratégia és cselekvési terv végrehajtása. A nemzetközileg szabályozandó szerves szennyező anyagok köre várhatóan még tovább fog bővülni; emiatt is lényeges lenne a hivatkozott megállapodásokban foglalt előírások betartása és az, hogy e vegyi anyagokra és hulladékaikra is vonatkozóan egy hatékonyabb új globális stratégia készüljön.

2.2.2. Nehézfémek a hulladéokban

A toxikus nehézfémek által okozott ártalmak azonosítása vezetett el ahhoz, hogy kezdeményezések láttak napvilágot bányászatuk, felhasználásuk korlátozására, továbbá a hulladékgazdálkodási problémák megoldására. Arra való tekintettel, hogy az előző fejezetben részletesen bemutattuk e nehézfémek veszélyes hatásainak tudományos felismerését és politikai „elismerését”, csak a globális szennyezőanyag- és hulladékprobléma összképének megvilágítása érdekében jelezzük itt e toxikus anyagok környezetszennyezésével, hulladékaival kapcsolatos főbb összefüggéseket.

Az ólom, a higany és a kadmium egészségi és környezeti ártalmai akkor váltak széles körben ismertté, amikor megnövekedett a különböző célú felhasználásuk, akárcsak az ezeket tartalmazó hulladék mennyisége. E folyamatban a drámai fordulatot az előző fejezetben említett mérgezési esetek jelentették: a higanyvegyületek miatti tömeges megbetegedések Japánban és Irakban [Harada, 1972; WHO, 1976], a benzinbe kevert ólomadalék egészségkárosító következményei [Needleman, 2000], a kadmium által kiváltott „itai-itai” betegség [Aoshima, 2016].

- A felhalmozódó higanyszennyezés az aranybányászattal vált súlyossá sokfelé a világban: ennek legismertebb története a 19. század közepén a kaliforniai aranylázzal kezdődött, és

²⁴⁶ „The Stockholm Convention obliges the phase out of PCB in equipment by 2025 as well as environmentally sound waste management of PCB and PCB-contaminated equipment with PCB content above 0.005% by 2028. Without legal framework, these goals would be exceptionally challenging and perhaps even unmanageable.” (18. o.)

²⁴⁷ „Two-thirds of responding countries lack guidance on safe disposal of agricultural pesticide waste or empty containers, and half of the countries lack a system to collect empty pesticide containers.” (viii. o.)

²⁴⁸ „Half a million tonnes of obsolete pesticides are scattered throughout the developing world. [...] The FAO Programme on Prevention and Disposal of Obsolete Pesticides has developed an extensive training programme, published guidelines and other resources for countries to effectively and safely conduct the necessary activities to dispose of stockpiles and implement specific measures to avoid their re-accumulation.” (39. o.)

²⁴⁹ „(14.) The estimated global total of reported DDT obsolete stockpiles ranged from a low estimation of 5,000 Metric Tonnes (MT) to a high estimation of 46,000 MT. Not included in these numbers were amounts of materials and equipment contaminated with DDT (e.g., soil, store structures) that were expected to constitute a larger volume than the stockpiles themselves. [...] As the main obstacle for environmentally sound disposal of DDT, the report identified the absence of a waste management industry in many parts of the world.” „(117.) Substantial project efforts are ongoing in selected countries to dispose of large quantities of obsolete DDT and associated waste.”

miután az arany kinyerése sokszor higany segítségével történt, abban a térségben másfél évszázad alatt több ezer tonna toxikus higany „veszett el” a környezetben [Alpers et al., 2005; Solnit, 2006²⁵⁰]. Nagy távolságú légköri terjedésének következtében a higanynak – a gáz halmazállapotú elemi higanynak – a kibocsátási forrásaitól távoli térségekben is megmutatkoztak a hatásai; e kibocsátásokban jelentékeny szerepe volt a települési és kórházi hulladék égetésének.

- Számottevő mennyiségű ólom, illetve ólmozott anyag került hulladéklerakókba, főként a fejlett országokban az ólomhasználat csökkentését célzó szigorú szabályozások bevezetése után. Erre szemléletes példa egy holland felmérés, amely szerint az 1990-ben az ott összesen felhasznált 80 ezer tonna ólom több mint tizede jutott erre a sorsra [COWI, 2002²⁵¹], de másutt is a hulladéklerakók hozzájárultak többek között a nehézfémekkel való környezetszennyezéshez [Rodriguez-Eugenio et al., 2018²⁵²].

Nemzetközi programok és megállapodások. E nehézfémek által kiváltott káros hatásokkal foglalkozó nemzetközi együttműködés 1970-es évektől számítható kezdeteit, majd az 1980-es évek elejétől megvalósuló kibontakozását bemutattuk az előző fejezetben (IPCS: Kémiai Biztonsági Nemzetközi Program, 1980-; WCED, 1983-; Kairói Irányelvek, 1987). A kifejezetten a veszélyes hulladékaikra is érvényes ajánlások, rendelkezések valamivel későbbi keltűek.

- Az 1989. évi Bázeli Egyezményre visszatérünk a nemzetközi hulladék-szállítások, -kereskedelem témakörénél. Az 1992-es globális fenntartható fejlődési program még csak általában utalt a veszélyes hulladékok megfelelő kezelésére, de annak 2002. évi végrehajtási terve már sürgette egy olyan – a toxikus nehézfémekre is kiterjedő – stratégia kidolgozását, amelyik által 2020-ig elérhető lenne e hulladékok miatti egészségi és környezeti hatások minimalizálása [UN, 2002]. A legnagyobb figyelem a higanyra irányult, és az akkori értékelés hangsúlyosan szólt a higanyos hulladékokról és a szükséges intézkedésekről is [UNEP, 2002²⁵³; UNEP/GMA, 2002].
- A 2006. évi nemzetközi vegyianyag-kezelési stratégia és annak globális cselekvési terve (SAICM/GPA) külön kitért mindhárom toxikus nehézfémre [SAICM, 2006], majd egy 2009. évi UNEP-határozat értelmében megkezdődött a higanyegyezmény előkészítése. Az 1998-ban elfogadott páneurópai nehézfémes megállapodás [CLRTAP/HM, 1998²⁵⁴] mintájára felmerült ugyan, hogy a leendő egyezmény az ólomra és a kadmiumra is vonatkozzon, de

²⁵⁰ „During the California Gold Rush, an estimated 7,600 tons or 15,200,000 pounds of mercury were thus deposited into the watersheds of the Sierra Nevada. The U.S. Geological Survey estimates that placer, or stream-based, mining alone put ten million pounds of the neurotoxin into the environment, while hard-rock mining accounted for another three million pounds. Much of it is still there”.

²⁵¹ „Of the total turnover of about 80,000 tonnes lead [...] 12,400 was accumulated in landfills and residues used for construction work or discharged to the environment.” (29. o.)

²⁵² „many pollutants, such as heavy metals, polyaromatic hydrocarbons, pharmaceutical compounds [...] from landfill leachates that may be polluting soil and under groundwater, or by ash fallout from incinerating plants” (24. o.)

²⁵³ „22. Measures to reduce and/or eliminate mercury in wastes through mercury waste management might include: (a) Limiting or preventing mercury in products and process waste from being released directly into the environment, by efficient waste collection; [...] (c) Limiting or preventing mercury releases into the environment through treatment of household waste, hazardous waste and medical waste, by emission control technology; [...] (g) Preventing mercury releases into the environment through the management of obsolete and waste pesticides and chemicals containing mercury; [...] (i) Limiting or preventing the incineration of mercury containing products, materials and waste”

²⁵⁴ Az 1998. évi páneurópai jegyzőkönyv e nehézfémek légköri kibocsátásainak csökkentését írta elő és ez a hulladékégetésből eredő kibocsátásokra is vonatkozott. A nagyobb kapacitású égetőművekre a higanykibocsátás tekintetében kibocsátási határértéket írtak elő. 2012 végén módosították a jegyzőkönyvet, és egyebek mellett szigorították a határértékeket (a hulladékégetés és az együttégetés esetében is).

végül csak a higanyról alakult ki konszenzus. E Minamata Egyezmény tételesen rendelkezett a higanyt tartalmazó hulladékokról [MCM, 2013²⁵⁵]. Ugyanakkor az ólom, a kadmium és hulladékaik esetében a szállítások szabályozásán túlmenően az ártalmas hatásaik globális visszaszorításában van bizonyos fokú szerepe – a nemzetközi gazdasági, kereskedelmi, műszaki, fejlesztéstámogatási együttműködés révén – a fejlett országok által bevezetett ajánlásoknak és rendelkezéseknek [OECD, 2017²⁵⁶; EU/REACH, 2006; EU/RoHS, 2011].

* * *

A toxikus nehézfémek sokoldalú alkalmazásának egyik akaratlan következménye lett, hogy az ilyen anyagokat is tartalmazó veszélyes hulladékok mennyisége, valamint e hulladékok kezeléséből eredő káros hatások mértéke is hosszú időn át jelentősen növekedett. Az elsősorban a fejlettebb országokban bevezetett szabályozásoknak köszönhetően e téren kedvezőbb tendenciák mutatkoznak, azonban még egyik toxikus nehézfém esetében sem törtek meg felhasználásuk emelkedő globális trendjei és az ezekkel összefüggő hulladékprobléma sem mérséklődött [UNEP/GCO, 2019; MRC, 2020]. Ez különösen érvényes az ólom alkalmazására az akkumulátorokban [ILZSG, 2020] és a kadmium felhasználására (a szárazelemek kivételével). Kirívó lett az e-hulladékok helyzete is [UN/GSDR, 2019²⁵⁷]. A Bázeli Egyezmény egyes előírásainak teljesítése többé-kevésbé jól halad, de e toxikus hulladékaik globális mérséklésének ügyében egyelőre nem hozott lényegi változást sem a nemzetközi vegyianyag-stratégia (SAICM)²⁵⁸, sem a higanyegyezmény (MC) végrehajtása.

2.2.3. A hulladékból eredő üvegházhatású gázkibocsátások

A hulladékok hozzájárulhatnak a légköri üvegházhatás erősödéséhez. Az ezekből származó kibocsátásokon kívül vizsgálják a „visszahatást” is, azaz a változó éghajlati jellemzők hatását a hulladékgazdálkodásra [Bebb & Kersey, 2003; Kaza et al., 2018²⁵⁹]. Ehelyütt csak a hulladék eredetű emissziókra térünk ki, amelyeket a klímapolitikai megállapodások alapján is számításba vesznek.

A kibocsátásoknak többféle forrása van és azokból nem csak szén-dioxid jut a légkörbe; ezek változó mértékűek és a mérséklésükre is különféle megoldások ismeretesek.

- Becslések szerint a szilárd hulladék eredetű kibocsátások részesedése szén-dioxid egyenértékben számítva globális szinten 3-5% volt évente [IPCC, 2007; Monni et al., 2008], de jelentékenyen növekednek a szén-dioxid esetében a hulladékégetésből származó

²⁵⁵ Article 11 Mercury wastes: „3. Each Party shall take appropriate measures so that mercury waste is: (a) Managed in an environmentally sound manner, taking into account the guidelines developed under the Basel Convention and in accordance with requirements that the Conference of the Parties shall adopt [...] (b) Only recovered, recycled, reclaimed or directly re-used for a use allowed to a Party under this Convention or for environmentally sound disposal”

²⁵⁶ „Under certain conditions, landfilling of metallic waste may lead to metal leaching and the contamination of local soil and groundwater. This is most likely where landfilled materials contain significant concentrations of arsenic, cadmium, lead, mercury, or other toxic elements [...]. Any measure that increases the proportion of finished metal produced from scrap will tend to have favourable environmental consequences. Scrap recovery and recycling rates will increase, which simultaneously serves to reduce the extraction of virgin mineral ores and the disposal of potentially toxic metal scrap.” (68. o.)

²⁵⁷ „In 2016, the value of recoverable materials, such as gold, silver and aluminum, in global e-waste was estimated at \$64 billion, but only about 20 per cent of e-waste was properly recycled. Around 60 per cent ended up in landfills, where elements like mercury and lead can leak into soil and groundwater” (53. o.)

²⁵⁸ Ez a nemzetközi stratégia a 2020-ig tartó időszakra szól; jelenleg készül a fenntartható vegyianyag-kezelés új stratégiája.

²⁵⁹ „In the long term, the global community should consider solid waste resilience in addition to mitigation.” (119. o.)

kibocsátások, beleértve a más hatások miatt is kritikus tényezővé vált műanyag hulladékok égetését [EC, 2018; CIEL, 2019]²⁶⁰.

- A szén-dioxid kibocsátásoknál nagyobb hatású a hulladéklerakókból a légkörbe kerülő depóniagáz metántartalma: ez teszi ki a javát – szén-dioxid egyenértékben számolva – az üvegházhatású gázok hulladékokból keletkező légköri emisszióinak. (Általában külön, ritkábban a szilárd hulladékokéval együtt veszik számításba a szennyvízből származó metán-kibocsátásokat.)
- Miközben a fejlett országokban e környezetterhelés csökkent, globális szinten mégis növekszik [UNFCCC, 2017]. A „Covid-19” világjárvány következményeként e globális kibocsátások – csak átmenetileg – valamelyest mérséklődtek 2020-ban, majd újra visszatért a gyors növekedési tendencia (lásd az éghajlatváltozással foglalkozó fejezet).

Nemzetközi együttműködés és szabályozás. Az 1988-ban létrehozott Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC) első jelentésében még csak felhívta a figyelmet a lerakókba kerülő szerves hulladékok metánkibocsátására, de a második értékelő jelentésben már konkrétan szerepeltek a kibocsátás csökkentését lehetővé tevő eljárások [IPCC, 1990, 1995].

- Ez utóbbi közzétételének is tulajdonítható, hogy míg az 1992. évi klímaegyezmény csak általánosságban utalt az üvegházhatású gázkibocsátások antropogén forrásaira, addig annak 1997. évi jegyzőkönyve már kifejezetten előírta a hulladék eredetű kibocsátások számításba vételét és szabályozását [UNFCCC, 1992; UNFCCC/KP, 1997]. E Kiotói Jegyzőkönyv szerint a fejlett országok kötelezettségei közé tartozik, hogy csökkentsék a metánkibocsátást.²⁶¹
- Az IPCC 2007-ben külön fejezetben tekintette át e kibocsátások mérséklésének lehetőségeit, a 2014. évi jelentés pedig ismételten hangsúlyozta a megfelelő hulladékgazdálkodás fontosságát annak klímapolitikai és természeti erőforrás-gazdálkodási előnyei miatt is [IPCC, 2007; IPCC/WG-III, 2014²⁶²].
- A 2015. évi Párizsi Megállapodás értelmében minden országnak közzé kell tennie²⁶³, hogy 2020-tól kezdődően milyen ágazati intézkedésekkel járul hozzá a globális klímapolitikai célok eléréséhez; az ennek részleteit rögzítő szabályokat 2018-ban véglegesítették [UNFCCC/PA, 2015; Faragó, 2019]. A megállapodáshoz csatlakozott államoktól beérkezett első ilyen dokumentumok többsége ugyan említette a „hulladékos” ágazatot, de csak néhány mutatott be terveket kibocsátáscsökkentést célzó konkrét beavatkozásokra [UNFCCC, 2016: 35-37. o.].
- A hulladékokat és a hulladékgazdálkodást érintő klímapolitikai feladatokkal – mindenekelőtt a Párizsi Megállapodáshoz kapcsolódóan – más világszervezetek is foglalkoznak: a Világbank és az ENSZ Fejlesztési Programja elsősorban a fejlődő országok számára elérhető

²⁶⁰ „A becslések azt mutatták, hogy a műanyagok előállítása és a műanyag hulladék elégetése következtében világszinten megközelítőleg 400 millió tonna szén-dioxid keletkezik évente” (EC, 2018: 4. o.). „Globally, the use of incineration in plastic waste management is poised to grow dramatically in the coming decades.” (CIEL, 2019: 3. o.)

²⁶¹ Each Party included in Annex 1 shall „(a) Implement and/or further elaborate policies and measures in accordance with its national circumstances, such as: [...] (viii) Limitation and/or reduction of methane emissions through recovery and use in waste management, as well as in the production, transport and distribution of energy” (Art.2, para. 1)

²⁶² „Mitigation in the industry sector can also be achieved by reducing material and fossil fuel demand by enhanced waste use, which concomitantly reduces direct GHG emissions from waste disposal [...]. Globally, only about 20 % of municipal solid waste (MSW) is recycled and about 14 % is treated with energy recovery while the rest is deposited in open dumpsites or landfills” (82. o.)

²⁶³ Nationally Determined Contributions (NDCs) – „Nemzetileg meghatározott hozzájárulások”

támogatások révén, a FAO pedig az élelmiszer- és mezőgazdasági hulladékokból származó légköri kibocsátásokkal összefüggésben. Azon túlmenően, hogy az ENSZ Környezeti Programja rendszeresen közreadja a hulladékokra kiterjedő környezeti értékeléseit és a klímacéloktól való elmaradást bemutató jelentését (GEO, EGR)²⁶⁴, külön is elemzi a hulladékprobléma helyzetét és ennek részeként a klímapolitikával való kölcsönhatását [UNEP, 2010; UNEP/GWMO, 2015²⁶⁵].

* * *

A nemzetközi megállapodások alapján elhatározott klímapolitikai célok elérésének egyik – ha nem is a legkritikusabbak közé tartozó – akadálya, hogy a becslések szerint a globális hulladékmennyiség további növekedésével várhatóan az üvegházhatású gázok ebből eredő kibocsátása is emelkedni fog [Kaza et al., 2018²⁶⁶]. A Párizsi Megállapodás végrehajtása érdekében bemutatott nemzeti tervek többsége pedig nem tartalmazott elképzeléseket a kibocsátások mérséklésére annak ellenére, hogy az ilyen beavatkozások egy része kifejezetten költséghatékony, a szükséges technológia elérhető (pl. a depóniagáz hasznosításához), és azoknak más előnyei is vannak [Hanson, 2019; Ross et al., 2018].

2.2.4. Geológiai szerkezetek mint hulladéktárolók

Nehezen ártalmatlanítható veszélyes anyagok, hulladékok esetében azok „eltüntetésének” egyik módja lett a mélyen a felszín alá juttatásuk.

Bizonyos geológiai szerkezetek alkalmasnak mutatkoztak arra, hogy veszélyes anyagokat ott helyezzenek el. E megoldások költségességéről és biztonságosságáról élénk szakmai vita bontakozott ki. Ez lett a bevett gyakorlat a kénhidrogén és a radioaktív hulladék esetében, de többfelé tanulmányozzák a lehetőséget az emelkedő légköri szén-dioxid koncentráció miatt is.

- A további felhasználás előtt a kitermelt kőolajból, illetve földgázból leválasztják az azzal együtt felszínre került, kénhidrogénből és szén-dioxidból álló gázelegyet, s ezt – légköri kibocsátása helyett – a felszín alatt mélyen található földtani szerkezetekben helyezik el [Bachu & Gunter, 2004]. A kénhidrogén esetében ez az eljárás költséghatékonyabbnak bizonyult, mint a kéntelenítés.
- A szén-dioxid kőolajtelepekbe sajtolását már hosszabb ideje az olajtermelés növelése érdekében végzik [Pápay, 2011]. Az utóbbi időben a klímapolitikák részeként vizsgálják a fosszilis tüzelőanyagot használó erőművek füstgázából a szén-dioxid leválasztásának és ezt követően ugyancsak megfelelő geológiai formációkban való tárolásának megvalósíthatóságát. Emellett kutatják a hasznosítási lehetőségeket mind az energetikai, mind más ipari (például vegyipari) kibocsátások esetében (CDR, CCS; CCU, CCR)²⁶⁷

²⁶⁴ Global Environmental Outlook (GEO), Emissions Gap Report (EGR)

²⁶⁵ „Waste and resource management offers a number of opportunities for mitigating greenhouse gas (GHG) emissions across a wide range of industrial sectors.” (12. o.)

²⁶⁶ „an estimated 1.6 billion tonnes of carbon dioxide-equivalent greenhouse gas emissions were generated from solid waste management in 2016. This is about 5 percent of global emissions. Without improvements in the sector, solid waste-related emissions are anticipated to increase to 2.6 billion tonnes of CO₂-equivalent by 2050.” (13. o.)

²⁶⁷ Carbon Dioxide Removal (CDR); Carbon Capture and Storage, Carbon Capture and Sequestration (CCS); Carbon Capture and Utilization (CCU); Carbon Capture and Recycling (CCR)

[Tihanyi & Csete, 2012²⁶⁸; Cebruceana et al., 2014²⁶⁹; Gabrielli, 2020]. A hasznosítási módok legismertebb változata a metanol előállítás, amely a kémiai Nobel-díjas Oláh György kutatási témája is volt [Molnár, 2017].

- Akárhogyan is vesszük, ha a két gáz esetében a cél a légköri kibocsátás elkerülése a gáz természetes föld alatti közegbe való sajtolásával és ottani hosszútávú tárolásával, akkor valójában ipari eredetű gáznemű hulladék elhelyezéséről van szó.

Nemzetközi vonatkozások. A kénhidrogén visszasajtolásánál nem merültek fel nemzetközi együttműködést érintő kérdések, mivel ennek alkalmazására egy-egy ország határain belül került sor (pl. Kanadában és az USA-ban). A szén-dioxid esetében azonban e megoldásnak nemzetközi vonzatai vannak úgy e gáz kibocsátásának globális klímapolitikai jelentősége miatt, mint a tárolási hely kiválasztásából és az elkülönített szén-dioxid odaszállításából fakadóan (ha a tárolás annak az országnak a határain kívül történik, ahol a kibocsátás forrása található).

- A Kiotói Jegyzőkönyv rendelkezik a „szén-dioxid elhelyezési technológiákról” [UNFCCC/KP, 1997: 2.1. cikkely], amelyek lehetővé teszik az antropogén szén-dioxid-kibocsátás egy részének ellensúlyozását, egyúttal szorgalmazva ezek alkalmazását a fejlett országokban.²⁷⁰ Ebbe beleérthető a geológiai tárolás céljából elkülönített szén-dioxid is, amelynek éghajlatvédelmi kérdéseit behatóan elemezték az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület szakértői [IPCC, 2005]. E testületnek az üvegházhatású gázok kibocsátás-nyilvántartási módszertanát kidolgozó munkacsoportja 2006-ban tisztázta, hogy miként kell számításba venni e technológia alkalmazását [IPCC, 2006]. A 2015. évi Párizsi Megállapodás nem részletezi a kibocsátáscsökkentési módszereket, de a „karbonkivonási” megoldásokat a tárgyaló felek egy része a lehetséges válaszpolitikák közé sorolta és nélkülözhetetlennek tartotta a légköri szén-dioxid koncentráció növekedésének megfékezéséhez [Haszeldine et al., 2018].
- A szén-dioxid tengerfenék alatti geológiai szerkezetekben való elhelyezése előtt is megnyílt a jogi lehetőség azáltal, hogy 2007-ben módosították a tengerek szennyezésének szabályozásáról szóló egyezmény jegyzőkönyvét [LC, 1972; LC/LP, 1996] és az Atlanti-óceán észak-keleti régiójára megkötött egyezményt [OSPAR, 1992; OSPAR, 2010]. Ez utóbbi szerint azonban megtiltották a szén-dioxidnak magában a vízoszlopban vagy a tengerfenéken való – egyébként technológiailag lehetséges – elhelyezését. Az Európai Unióban korábban felmerült, hogy ennek a megoldásnak a szabályozását a hulladéklerakókra kidolgozott irányelv módosításával ériék el [Zakkour, 2007]; végül ezt elvetették és egy önálló jogszabály készült (CCS-irányelv). Egyúttal a hulladékokra és a hulladékszállításra bevezetett irányelvek hatálya alól – legalábbis jogi értelemben – kivették a szén-dioxid elkülönítését, szállítását, geológiai tárolását.

* * *

²⁶⁸ „Az erőművekben és ipari üzemekben képződő CO₂ olyan nagy mennyiségű, hogy más iparágak (pl. vegyipar, élelmiszeripar) számára történő értékesítése nem reális elképzelés. [...] A CO₂ „eltüntetésére” az egyetlen valós alternatíva a tárolás, a végleges elhelyezés. A CO₂ végleges elhelyezésének elvileg két megoldása lehetséges: földalatti tárolókba, óceánokba. [...] a legalkalmasabbak a leművelt olaj- és gáztelepek.” (233. o.)

²⁶⁹ „Fossil fuel power plants generate significant amounts of CO₂ emissions into the atmosphere, which are believed to be the main cause of climate change. Among CO₂ mitigation options, carbon capture and storage is considered the only technology that can significantly reduce the emissions of CO₂ from fossil fuel combustion sources.” (18. o.)

²⁷⁰ E kötet szerzője az itt említett határozatot előkészítő testület (SBSTA) elnöke volt 1995-1997 között, amikor a „CO₂-kivonási” (removal) eljárásokra vonatkozóan arról is egyezség született, hogy CCS-projektet nem lehet támogatni a fejlődő országokban a „Tiszta Fejlesztési Mechanizmus” (CDM) keretében. 2011-ben a döntést felülbírálták, de a támogatást feltételekhez kötötték (COP17, Durban).

A kénhidrogén geológiai szerkezetekbe való visszasajtolásával kapcsolatban ugyan nem merültek fel komolyabb ellenérvek, de a klímapolitika részeként a szén-dioxid leválasztása (elkülönítése, befogása), tárolása és/vagy hasznosítása esetében felmerült eljárásoknak támogatói és ellenzői is vannak. Az IPCC „óvatosan” fogalmazott e kérdésben, a támogatók pedig a kéntelenítési analógiával is érveltek, habár ott nem merült fel a leválasztott kén tárolása, mert adódott megoldás a hasznosítására [IPCC, 2018²⁷¹; van Ewijk & McDowall, 2020]. A kétségeket felvetők jelentős kockázatokra, illetve más eljárások jóval nagyobb hatékonyságára hivatkoznak [Sgouridis et al., 2019]. A szakértők egy része megoldhatatlannak tartja a légköri szén-dioxid mennyiség emelkedésének megállítását az említett eljárások nélkül, míg mások ezt kétségbe vonják, és e „csövégi” megoldások helyett a megelőzésre helyezik a hangsúlyt.

2.3. NEMZETKÖZI HULLADÉKKERESKEDELEM

2.3.1. A hulladékoktól való megváltás „egyszerű” módja?

Ahogy a hulladékok mennyisége rohamosan emelkedett a múlt század közepétől a fejlett országokban, úgy lett az ezektől való megváltás egyik módja azok valamilyen kétoldalú egyeztetésen alapuló vagy anélkül megvalósuló átszállítása egy másik ország fennhatósága alá tartozó területre. Ebben közrejátszott a hulladékexportáló országokban javuló környezeti tudatosság, a veszélyes hulladékok káros hatásai miatti aggodalom és a hulladékkezelés szigorodó nemzeti szabályozásával együtt annak emelkedő költsége. Gyakran említett indíték volt egy település, térség vagy ország lakói részéről, hogy bárhol, csak ne a közelükben végezzék a hulladék ártalmatlanítását [Kummer, 1994²⁷²]. A szállítás valós vagy állítólagos céljának megadásával a hulladék mindenféle fajtájára akadtak ilyen példák. E témakörben a legkényesebb problémák értelemszerűen a különösen veszélyes hulladékoknak tulajdoníthatók, és ebből adódóan a nemzetközi kapcsolatok fókuszában az ezekre vonatkozó ajánlások, szabályozási célok, rendelkezések szerepelnek.

Egy fejlett országból egy másik országba történő hulladékszállítás alapvető indítéka nyilvánvaló volt [Hackmann, 1994²⁷³; Kerényi, 1995²⁷⁴]; az ezzel szembeni fellépés az 1980-as évek elejétől a nemzetközi fenntartható fejlődési együttműködési folyamatban, valamint a környezetvédő szervezetek révén erősödött meg.

²⁷¹ „The energy system transition that would be required to limit global warming to 1.5°C above pre-industrial conditions is underway in many sectors and regions around the world [...]. The political, economic, social and technical feasibility of solar energy, wind energy and electricity storage technologies has improved dramatically over the past few years, while that of nuclear energy and carbon dioxide capture and storage (CCS) in the electricity sector have not shown similar improvements.” (315. o.)

²⁷² „Waste generators in many industrialized States are faced with an increasing scarcity of disposal facilities, growing public opposition to the establishment and operation of such facilities based on the so-called NIMBY (Not In My Back Yard) syndrome, a tightening of environmental rules and standards, and escalating disposal costs as a result of these developments. [...] The typical target country may offer disposal options at prices that are often a mere fraction of the disposal costs in the country of origin”

²⁷³ „Despite the negative attitudes towards waste exportation, it has taken place in the past and will continue to take place in the future. It holds true that the more individual countries raise their environmental standards or tighten their disposal regulations, the more incentive there is for exports. Waste exports are a means of avoiding domestic standards” (293. o.)

²⁷⁴ „A veszélyes hulladékok [...] termelésében fennálló területi különbségek és az országok környezetvédelmi jogszabályainak eltérései az utóbbi évtizedekben megindították a nagyszabású hulladék-exportot. A mérgező hulladékokat exportáló országoknak gazdaságilag előnyösebb a szállítás, mint az ártalmatlanítás.” (234. o.)

- Az 1983-ban megalakult ENSZ-bizottság e kérdéskört is vizsgálta [WCED, 1987²⁷⁵]. Civil szervezetek is sokat tettek a kevésbé fejlett országokba lerakásra vagy „hasznosításra” eljuttatott hulladékszállítmányok eseteinek feltárásáért [Vallette & Spalding, 1990²⁷⁶].
- Közvetve ilyen következményekkel járt a veszélyes hulladékot is „termelő” ipari tevékenység más országba való áthelyezése. Erre példa a mexikói északi határvidéken működő üzemek sora, amelyek többsége USA-cégek tulajdonában volt és a két ország megállapodása ellenére a termelés során keletkezett veszélyes hulladék számottevő része Mexikóban maradt [Sanchez, 1990²⁷⁷].
- Mindkét típusú probléma – a veszélyes hulladék odaszállítása vagy az annak keletkezésével is együtt járó termelés valamely fejlett országból való kiszervezése – az ázsiai, az afrikai, a latin-amerikai és a kelet-európai térség számos országát elérte.

Az „Észak-Dél hulladékkereskedelem” súlyos hatásokkal járó eseteinek szaporodása növekvő aggodalmat váltott ki, de az alábbi kettőnek lett komolyabb visszhangja. Emellett akadtak Európán belül is ilyen hulladékszállítások.

- Becslések szerint az olaszországi veszélyes hulladék csak mintegy ötödének megfelelő kezelésére volt kellő kapacitás az országban az 1980-as évek közepén. Emiatt a hulladék egy része „útnak indult”: először 1987-ben, majd 1988-ban például egy nigériai településre (Koko) érkezett meg, míg végül a két ország közötti éles diplomáciai konfliktus azzal zárult, hogy e hulladék visszakerült a származási országába [Akingbade, 1991; Lipman, 2002²⁷⁸]. Az USA egyik kikötőjéből 1986-ban elszállított veszélyes hulladéknak csak egy részét sikerült kirakni Haitiben (Gonaïves településnél), a maradékot a tengerbe süllyesztették [Vu, 1994].
- Sok példa akadt Európában hulladékok „Nyugat-Kelet” irányú transzferére és a nyugat-európai országok között is. Ez utóbbiak sorából a „Seveso affér”-t emeljük ki, amely eme észak-olaszországi településnél 1976-ban bekövetkezett vegyipari katasztrófa után hordókba helyezett és ártalmatlanítandó veszélyes hulladék miatt történt, mert azt 1982-ben találták meg egy franciaországi faluban (Anguilcourt), majd Bázelen semmisítették meg [Lagadec, 1984²⁷⁹; Vesseron, 1990].
- Az utóbbi eset is hozzájárult ahhoz, hogy a fejlett országok szabályozni kezdték a veszélyes hulladékok országhatárokat átlépő szállítását, míg a fejlődő országokat érintő fentebb

²⁷⁵ „78. The amount of wastes crossing national frontiers is increasing and is likely to continue to do so. Between 1962 and 1983, wastes transported in Western Europe for disposal in another country virtually doubled, reaching some 250,000-425,000 tons [...]. This increase may be attributed partly to the availability of relatively low-cost, legal, land-based disposal facilities in some countries”

²⁷⁶ „waste traders have attempted to ship more than 163,000,000 tons of wastes around the world since 1986. Of this total, approximately 10,000,000 tons of toxic waste have actually been exported from the countries of origin, often ending up in less industrialized countries that do not have environmentally sound facilities to manage the waste”

²⁷⁷ „The empirical data available suggest the generation of considerable volume of hazardous waste by the maquiladoras. The data also suggest the illegal disposal or treatment of this waste in Mexico [...]. According to the agreement, the maquiladora must return its waste generated in Mexico back to the United States. [...] However, as of 1989 few effective improvements have been achieved” (168. o.)

²⁷⁸ „Several thousand tons of highly toxic and radioactive waste, labeled "substances relating to the building trade", were exported from Italy to Koko, Nigeria, and stored in drums in a backyard. Many of these drums were damaged and leaking; workers packing the drums into containers for retransport to Italy” (67. o.)

²⁷⁹ „Les déchets de Seveso sont-ils en France?” (25. o.)

hivatkozott „hulladék drámáknak” komoly hatása volt arra, hogy az 1987-ben indult nemzetközi tárgyalások elvezessenek a Bázeli Egyezmény 1989. évi elfogadásához.²⁸⁰

A nemzetközi hulladékkereskedelem-szabályozási együttműködés kezdetei az 1980-as évek elejére tehető; ennek során jelentős helyzet- és érdekkülönbségeket kellett áthidalni.

- A fejlődő országok egy része sürgette a hulladékkereskedelem globális szabályozását, mert ugyan valamelyest fennmaradt az érdekeltségük az ezzel járó bevételek iránt, viszont el akarták kerülni a „megalázó” szerepvállalás és a veszélyes hulladékok miatti káros hatások folytatódását.
- Az 1982-ben megindult nemzetközi egyeztetések eredményeképpen 1985-ben véglegesítették, majd 1987-ben hivatalosan is jóváhagyták a nem kötelező érvényű „Kairói Irányelveket”; ennek egyik fejezete a nemzetközi hulladékszállítások során alkalmazandó eljárásról szólt [UNEP, 1987]. Ebben benne foglaltatott többek között az előzetes tájékoztatás, egyeztetés szükségessége, a tranzit- és a célország részéről a hulladék átszállításának, illetve fogadásának visszautasítási és visszaküldési lehetősége is.²⁸¹
- Ezzel párhuzamosan az EU és az OECD tagállamai kidolgozták a veszélyes hulladékok országhatárokon való átszállításának első szabályzatait [EEC, 1984; OECD, 1984]. Miután mindez elégtelennek látszott a hulladékokkal kapcsolatos „Észak-Dél” konfliktusok enyhítésére (különösen az afrikai országok részéről), 1987-ben határozat született egy globális egyezmény előkészítéséről, amelynek első egyeztetését Budapesten tartották.²⁸²

2.3.2. A hulladékkereskedelem és a veszélyes anyagok szállításának szabályozása

Az érdekellentétek miatt nehéz volt megállapodásra jutni a veszélyes hulladékok kereskedelmének szabályozásáról, ami végül csak jelentős kompromisszumok árán valósult meg. Míg a fejlődők egy része már tiltani akarta a veszélyes hulladékok importját, addig a fejlettek gazdaságossági és környezeti okokból is hasznosnak tartották az újrahasznosítási célú hulladékexportot. A szállítás feltételei szintén lényegesek voltak, hiszen a veszélyes anyag nem kellően biztonságos fuvarozása súlyos kárt okozhatott egy tranzit- vagy a fogadó országban is, esetleg nemzetközi „közterületen”.

A globális hulladékkereskedelmi megállapodás, azaz a Bázeli Egyezmény a veszélyes hulladékok országhatárokat átlépő szállításának ellenőrzéséről és ártalmatlanításáról szigorú feltételekhez kötötte a hulladékok más országokba történő exportálását [BC, 1989].



- Az előírások szerint a hulladékok mennyiségét a keletkezésének országában kell minimalizálni, és a kezelésüket is alapvetően ott kell megoldani. Az egyezmény tételesen felsorolta a veszélyes hulladékfajtákat. A konszenzus elérésének egyik feltétele volt az a

²⁸⁰ Említésre méltó a 2006-ban több magyarországi településre két német tartományból illegálisan érkezett, összességében több ezer tonna „vegyes” hulladék esete is. A nemzetközi és EU szabályozásra hivatkozva a magyar fél az egész mennyiség visszaszállítását igényelte: a négy éven át tartó egyezkedés nyomán végül ezt csak részben sikerült elérni. E kötet szerzője is bekapcsolódhatott ebbe az egyezkedési folyamatba és közvetlen tapasztalatokat szerezhetett arról, mennyire nehéz érvényesíteni még közösen elfogadott előírásokat is.

²⁸¹ Part VI. Transport of hazardous wastes. 26. Notification and consent procedure. 27. States of export to readmit exports.

²⁸² UNEP Governing Council (17 June 1987), Decision 14/30: Environmentally sound management of hazardous wastes

kitétel, miszerint a hatálybalépést követő három év elteltével meg kell vizsgálni a hulladékszállítások teljes vagy részleges tiltásának szükségességét.²⁸³

- Az 1992. évi „riói” ENSZ-konferencián is felmerült e témakör, ahol a fejlődő országok már a nem sokkal azelőtt hatályba lépett Bázeli Egyezmény szigorítását sürgették [UN, 1992²⁸⁴].
- A teljes tiltást írta elő 1989-ben a sok fejlődő országot tömörítő egyik szervezet²⁸⁵ és az Európai Közösség között létrejött megállapodás (IV. Lomói Egyezmény), majd az afrikai államok által 1991-ben elfogadott megállapodás (Bamakói Egyezmény). A Bázeli Egyezmény 1995. évi módosításának értelmében pedig a fejlett országoknak – az OECD és az Európai Közösség akkori tagjainak – azt kellett vállalniuk, hogy 1997 után már semmilyen céllal nem szállítanak veszélyes hulladékot fejlődő országokba [BC/BBA, 1995]. Azóta a részes felek több más ponton nemcsak tovább szigorították az egyezményt (pl. kibővítve a veszélyes hulladékok körét), hanem 1999-ben kiegészítették egy olyan jegyzőkönyvvel, amelynek értelmében a veszélyes hulladékok országhatárokon túlra szállításából és elhelyezéséből eredő károkért az azt okozó fél anyagi felelősséggel és kártérítéssel tartozik [BC/PLC, 1999]. 2019-ben pedig a műanyag hulladékokat is bizonyos kivételekkel felvették a veszélyes hulladékok jegyzékébe [UNEP/CHW, 2019²⁸⁶].

Veszélyes anyagok szállításának nemzetközi szabályozása. A különféle eszközökkel és útvonalakon szállított veszélyes anyagok biztonságos célba érésének feltételeire, a károkozás – így a környezetszennyezés – megelőzésére, esetleges bekövetkezése utáni kárenyhítési és – térítési kötelezettségekre is nemzetközi megállapodások készültek. Természeti vagy műszaki okokból bekövetkező balesetek következtében a szállított veszélyes anyagok akaratlanul „hulladékká” válhatnak: nemzeti fennhatóság alá nem tartozó területen vagy több ország területére kiterjedően is jelentős környezetszennyezést okozva. A leginkább kiterjedt és legsúlyosabb ilyen haváriák tengeri szállítások során történtek (2.4.1.). A toxikus nehézfémekkel foglalkozó fejezetben utaltunk e szabályozásokra, amelyek általában is szólnak a veszélyes áruk, anyagok és hulladékaik elővigyázatos fuvarozásáról.²⁸⁷

- A veszélyes anyagokat valamilyen kereskedelmi, hasznosítási, esetleg ártalmatlanítási céllal szállíthatják akár nagyobb távolságokra. Az ilyen légi, tengeri, vasúti, közúti és folyami szállítások nemzetközi biztonsági szabályait az érintett szervezetek keretében dolgozták ki (IATA, ICAO; IMO; OTIF; UNECE). A szabályrendszerek e szervezetek szakértői között megvalósuló együttműködésnek köszönhetően egyre jobban harmonizálnak egymással, többek között a környezetre és az egészségre veszélyes anyagokkal kapcsolatos

²⁸³ „15.7. The Conference of the Parties shall undertake three years after the entry into force of this Convention [...] if deemed necessary, to consider the adoption of a complete or partial ban of transboundary movements of hazardous wastes and other wastes in light of the latest scientific, environmental, technical and economic information.”

²⁸⁴ Chapter 20. Environmentally sound management of hazardous wastes, including prevention of illegal international traffic in hazardous wastes. 20.33. The objectives of this programme area are: „b) To adopt a ban on or prohibit, as appropriate, the export of hazardous wastes to countries that do not have the capacity to deal with those wastes in an environmentally sound way or that have banned the import of such wastes”. (E kötet szerzője részt vehetett az 1992. évi ENSZ-konferencián a magyar delegáció tagjaként a záródokumentum véglegesítésével foglalkozó tárgyalásokon, ahol a veszélyes hulladékokról szóló fejezet lezárása is csak hosszas egyezkedéssel vált lehetővé.)

²⁸⁵ Organisation of African, Caribbean and Pacific States

²⁸⁶ Decision BC-14/12: Amendments to Annexes II, VIII and IX to the Basel Convention

²⁸⁷ Ehelyütt nem térünk ki a radioaktív anyagok és hulladékaik szállításának különálló szabályozására, amivel elsősorban a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (IAEA) keretében foglalkoznak.

fogalomhasználat és az általánosabb érvényű szállításbiztonsági elvek, előírások tekintetében.²⁸⁸

- Az előírásokat rendszeresen kiegészítik, szigorítják és azok betartását is nyomon követik [IATA/DGR, 1953, 2022²⁸⁹; IMO/IMDGC, 1965, 2020²⁹⁰; OTIF/RID, 1980, 2021; ADR, 1957, 2020; ADN, 2000, 2021²⁹¹]. A szállítási kötelemények, korlátozások kiterjednek sokféle toxikus anyagra, növényvédő szerre is. Egyes nemzetközi vízfolyásokra külön megállapodások, útmutatók készültek a veszélyes anyagok szállításának feltételeiről: újabb változataik az európai térségben már összhangban vannak az általánosabb érvényű ENSZ-EGB megállapodással (ADN) (például a Duna, a Rajna, a Száva esetében), de más térségben is felkészültek ezekre a kockázatokra – pl. a Mekong parti (part menti) államai [MRC, 2012²⁹²].

2.3.3. Visszaszorul az illegális kereskedelem?

A veszélyes hulladékok országhatárokon való átszállításának szabályozása is „annyit ér”, amennyire: ambíciózusak a rendelkezései, kellően tág a részvevőinek (részeseinek) köre és hatékony a tevőleges végrehajtása. Az illegális kereskedelem visszaszorításában fontos szerepe van különböző nemzetközi szervezeteknek (UNEP, OECD, OACP) és egyes nem kötelező érvényű eszközöknek (pl. Kairói Irányelvek), de e téren a leglényegesebbnek az 1989 óta többször kiegészített, módosított, szigorított Bázeli Egyezmény tekinthető.

Az egyezményhez a világ szinte minden állama csatlakozott, de ez önmagában nem jelentette a nemzetközi veszélyeshulladék-szállítások belátható időn belüli bevégezését.

- A Bázeli Egyezmény közel „egyetemes” elfogadottságú lett, de megjegyzendő, hogy jó pár fejlődő csak 2010 után szánta el magát a csatlakozásra. (Néhány évig az is eltartott, ameddig a brit és a spanyol fél meg tudott egyezni az előírások alkalmazásáról Gibraltár esetében.) Az USA aláírta az egyezményt, de nem ratifikálta, akárcsak Haiti (ami különösen aggasztó az 1986-os eset tükrében).
- Az 1995. évi „Bázeli Tiltás” hatálybalépésére viszont majdnem negyedszázadot kellett várni: a veszélyes hulladékszállítást tiltó rendelkezéssel eddig jogi értelemben csak száz állam azonosult, és e körből kimaradt többek Ausztrália, Japán, Kanada, Oroszország, illetve értelemszerűen az USA.

²⁸⁸ Special provisions for carriage of environmentally hazardous substances; Special marking provisions for environmentally hazardous substances; Wastes means substances, solutions, mixtures or articles for which no direct use is envisaged but which are carried for reprocessing, dumping, elimination by incineration or other methods of disposal.

²⁸⁹ Dangerous Goods Regulations (DGR)

²⁹⁰ International Maritime Dangerous Goods Code (IMDGC)

²⁹¹ „The Contracting Parties, desiring to establish by joint agreement uniform principles and rules, for the purposes of: (a) increasing the safety of international carriage of dangerous goods by inland waterways; (b) contributing effectively to the protection of the environment, by preventing any pollution resulting from accident or incidents during such carriage; and (c) facilitating transport operations and promoting international trade [...] 1.4.1.1 The participants of the carriage of dangerous goods shall take appropriate measures according to the nature and the extent of foreseeable dangers so as to avoid damage or injury and, if necessary, to minimize their effects.”

²⁹² „Inland navigation can contribute to making transport more sustainable, particularly when it substitutes for road transport. But inland shipping can also have considerable environmental impacts. Concerns in the Mekong River include water pollution from shipping accidents, disposal of waste and wastewater from vessels as well as the overall operations of vessels, ports, ferry crossings, refuelling stations and petroleum terminals along with the carriage, handling and storage of dangerous goods.” (p. xv)

- Az 1999-es felelősségvállalási jegyzőkönyv sorsa pedig reménytelennek látszik, hiszen ahhoz csak néhány fejlődő ország csatlakozott, miközben addig is általában a fejlett országokból szállított veszélyes hulladékok miatt keletkezett károk voltak ismertek.²⁹³

A nemzetközi szabályozás utáni esetek. Újabb viisszas esetek is jelezték, hogy a nemzetközi szabályozás meglelte önmagában nem elégséges. Három ilyen említünk, amikor egy-egy fejlődő ország volt vagy lett volna a célállomás.

- Nem sokkal az egyezmény 1989. évi elfogadása után mérgező hatású hulladékot szállítottak az USA-ból Bangladesbe [Clapp, 1997²⁹⁴], amelynek nyilvánosságra kerülése is hozzájárult ahhoz, hogy 1995-re megegyezés született a fentebb említett „Bázeli Tiltásról”.
- 2006-ban az akkor holland székhelyű Trafigura cég által vásárolt mexikói nyersolaj kénytelenítése nyomán – a szállítással is megbízott panamai bejegyzésű görög tulajdonú – tartályhajón megmaradt veszélyes hulladék átadását nem sikerült elintézni az amszterdami kikötőben, de a holland hatóságok engedélyezték a kihajózást, és végül e rakományt Elefántcsontparton rakták ki. E mérgező hulladéktól ott többen életüket veszítették, sokan megbetegedtek, majd hosszadalmas bírósági eljárás után a visszagyűjtött hulladékot egy franciaországi telephelyen ártalmatlanították. Elmarasztalták a holland hatóságokat is, mert sem a „Bázeli Tiltás”, sem az akkori EGK-jogszabály (259/93/EGK rendelet) értelmében nem engedélyezhették volna e hulladék továbbszállítását [Európai Parlament, 2006; Sirleaf, 2019].
- Brazília két kikötőjébe 2008-2009 során 110 konténernyi veszélyes hulladék érkezett az Egyesült Királyságból, aminek ugyancsak meglelt a szigorú jogi következménye amellelt, hogy a „feladónak” e hulladék nagy részét vissza kellett szállítania [Rucevska et al., 2015²⁹⁵].
- Mind e három ominózus esetben a hulladék fejlett országbeli exportálója elvitatta a felelősségét; ugyanakkor országaik helyzete a Bázeli Egyezmény vonatkozásában különbözött: az USA azóta sem részese az egyezménynek, míg Hollandia és U.K. az egyezményt szigorító módosításhoz is csatlakozott. (Magyarországot érintő példa is létezik.²⁹⁶)

* * *

A hulladékkereskedelmet korlátozó egyezmény létrejötte és a fejlett országokból a veszélyes hulladékok exportját tiltó módosítása a környezetpolitikai együttműködés jelentős eredményei.

²⁹³ A globális és európai szabályozások meglelte ellenére magyarországi területre is érkezett „vegyes” kommunális és ipari eredetű veszélyes hulladék, amely esetek kapcsán kialakult vitarendezési folyamat egy-egy szakaszába e könyv szerzőjének is megadatott bekapcsolódni. Ezek az esetek: németországi eredetű „vegyes” hulladékot tartalmazó konténerek ideszállítás (2007); bányaraktól származó ipari szennyvíz a Rába-folyóban (2007); különösen veszélyes vegyi anyagokat tartalmazó bányaiipari eredetű szennyvíz a Tisza-folyóban (2000).

²⁹⁴ „In 1992 Bangladesh received 1000 tons of copper smelter furnace dust (containing high levels of lead and cadmium) which was mixed with fertilizer by several US firms and individuals [...]. But some Bangladeshi farmers had already spread it on their fields before they were made aware of its contents. The firms involved were eventually convicted by the US government”

²⁹⁵ „Between September 2008 and May 2009, more than 1 500 tonnes of household waste described as plastics for recycling were exported in 89 containers from England to Brazil. The contents consisted of co-mingled plastics, tins, paper, cardboard, batteries, syringes, empty medical packaging, condoms, and soiled nappies. Reports prepared by the Brazilian authorities in July 2009 concluded that the containers violated Brazilian law and the Basel Convention. As a result, the Brazilian government lodged a formal complaint with the Basel Secretariat.” (61. o.)

²⁹⁶ A 2007-ben több magyarországi településen fellelt, németországi eredetű, illegálisan behozott hulladékbólak ügyében a két ország képviselői között a felelősségről és a viisszaszállításról folytatott egyeztetéseken – a fentebb említettek szerint – e könyv szerzője is részt vett. Az általunk képviselt és végül többé-kevésbé érvényesített álláspont szerint az akkor hatályos közösségi rendelet és a vonatkozó nemzetközi egyezmények értelmében e hulladék jelentős részét vissza kellett fogadnia a „küldő félnek”.

A világ országainak többsége nemcsak csatlakozott az egyezményhez, hanem be is tartja annak rendelkezéseit. E hulladékok globális mennyisége azonban növekszik és ezzel együtt kiterjedt nemzetközi „hulladékpiac” működik. Ez utóbbi számottevő részét a nemzetközi rendelkezések „kiskapúira” alapozott vagy illegális hulladékszállítások teszik ki, ami összességében globális szinten több száz milliárdos „üzletág” [Rucevska et al., 2015²⁹⁷]. A műanyag hulladékokra 2018-ban bevezetett kínai importkorlátozások jelentős hatással voltak a hulladékkereskedeleme: addig a nyolc millió tonna/év ilyen európai hulladékmennyiség harmada került Kínába, de ezt követően legalábbis egy részének – mintegy 40%-ának – más legális és illegális „export-útvonalat” találtak [Interpol, 2020]. Különösen aggasztóvá vált az e-hulladékok, a műanyag-hulladékok és különféle toxikus peszticidek fejlődő és egyes kelet-európai országokba irányuló szállítása [Cotta, 2020²⁹⁸; UNEP, 2020²⁹⁹; Comolli, 2021]. Következésképpen tovább kellene szigorítani e tevékenység szabályozását és betartását, illetve betartásának ellenőrzését.

2.4. SZENNYEZŐ ANYAGOK NEMZETKÖZI TERÜLETEKEN

Az egyetlen állam fennhatósága alá sem tartozó térségekben, így a nyílt tengeren, a déli-sarkvidéki térségben és a világűrben már hosszú évtizedek óta gyűlnek a különböző módon odakerült vagy ott keletkezett szennyező anyagok, hulladékok. Ezeknek az anyagoknak a felhalmozódása e területeken ugyanúgy a közjavak tragédiájához vezethet, mint amiről – külön is említve az óceánokat – Garrett Hardin írt nevezetessé vált könyvében, de ebben az esetben a résztvevők nem hasznosítanak, elvesznek valamit a „közösből”, hanem beletesznek, amivel tönkretesznek azt [Hardin, 1968³⁰⁰].

2.4.1. A tengerekbe kerülő szennyező anyagok, hulladékok

A tengeri partvidékkel rendelkező országok „tengeri felségterületére” (parti tengeri területére), a kizárólagos gazdasági övezetük határain belül térségbe és – a nemzetközi területnek („közterületnek”) tekintendő – nyílt tengeri területekre hosszú ideje rengeteg különféle minőségű és mennyiségű, különböző halmazállapotú, emberi tevékenységekből eredő szennyező anyag, hulladék kerül. E környezetterhelés növekedése is messzemenően összefügg azzal, hogy a múlt század közepétől világszerte gyors ütemben emelkedett a szennyezőanyag-kibocsátás és a hulladéktermelés. Ennek következményei súlyosak a tenger élővilágára, ezáltal a teljes bioszférára, a környezet állapotára, az emberek egészségre, életminőségére is. Hat

²⁹⁷ „The global waste market sector from collection to recycling is estimated at USD 410 billion a year (UNEP 2011), excluding a very large informal segment. As in any large economic sector, there are opportunities for illegal earnings at different stages of legal operations, with both monetary and ethical implications. [...] Illegal and illicit trade of waste takes advantage of weak spots, such as the low overall possibility of controlling the trade, the price of waste treatment, and the complexity of waste-related legislation.” (31. o.)

²⁹⁸ „Two cases are analysed: trade in discarded electronic and electric equipment (EEE) between the EU and Africa and trade in plastic materials between the UK and China. This study shows that exports of used EEE and recyclable plastic materials exacerbate the environmental burdens of Global South countries while also exporting new environmental risks and social burdens.” (255. o.)

²⁹⁹ „Intensive production and use of pesticides correspond to the needs of the global agricultural industry, and the illegal trade varies according to the conditions in domestic and global markets. The illegal marketing of effective, but extremely toxic, restricted and banned pesticides, tends to expand with pest outbreaks, and the use of pesticides is projected to increase in light of climate change. Illegal pesticide use may also increase as agriculture expands.” (65. o.)

³⁰⁰ „the oceans of the world continue to suffer from the survival of the philosophy of the commons. Maritime nations still respond automatically to the shibboleth of the ‘freedom of the seas’ [...] the tragedy of the commons reappears in problems of pollution. Here it is not a question of taking something out of the commons, but of putting something in-sewage, or chemical, radioactive, and heat wastes into water; noxious and dangerous fumes into the air” (1245. o.)

évtizeddel ezelőtt Rachel Carson a környezetre gyakorolt emberi hatások közül a levegő, a föld, a folyók mellett már a tenger veszélyes anyagokkal való elszennyezését is aggasztónak tartotta [Carson, 1962³⁰¹].

A hulladék tengeri „lerakása”. Számos ország részéről régi keletű és bevett gyakorlattá vált az ipari fejlődéssel és az urbanizációval együtt növekvő mennyiségű hulladék, szennyező anyag egy részének a tengerbe süllyesztése³⁰².

- Már több, mint egy évszázaddal ezelőtt, majd még sokáig azt követően tipikus megoldás volt bizonyos hulladékoknak az USA egyes területeiről tengerparti kikötőkbe, majd onnan a közeli tengeri térségbe szállítása és elsüllyesztése [Rogers, 1976³⁰³]. A világ más tájain is nagymértékben járultak hozzá a környezetterheléshez, az 1970-es évektől növekvő arányban a fejlődő országok részéről [Rucevksa et al., 2015³⁰⁴]. Az első környezetvédelmi világkonferenciára való felkészülés 1968-ban kezdődött és a tengerek szennyezése az egyik fontos téma lett. Az ENSZ-főtitkár jelentése utalt az olajszennyezésen kívül más veszélyes anyagokkal történő tengerszennyezési problémákra, sürgette mindezek alaposabb elemzését és megelőzését, beleértve a balesetektől eredő és a szándékosan elkövetett szennyezéseket is [UNSG, 1968³⁰⁵]. Hogy ez utóbbi milyen sokáig fennmaradt, arra volt az egyik „hírhedt” és fentebb már felidézett 1986. évi példa, amikor egy teherhajó nem tudta kirakni az összes veszélyes hulladékot Haiti egyik partszakaszán, majd 1988-ban a hulladék maradéka nélkül kötött ki Szingapúrban [Vu, 1994]. Az 1971-ben megtartott washingtoni konferencián Jacques Cousteau és Thor Heyerdahl nagy hatású előadást tartott arról, hogy az óceánok „tönkretétele” már javában folyik, és az emberi tevékenységekből eredő szennyezés már az óceán legtávolabbi részeire is eljutott [Cousteau, 1971³⁰⁶; Heyerdahl, 1971³⁰⁷].
- A kommunális és ipari hulladéknál jóval veszélyesebb volt a „mérgező fegyverhulladék”, azaz olyan vegyi fegyverek, amelyeket elsüllyesztettek többek között a Balti-tengerbe a

³⁰¹ „the most alarming of all man's assaults upon the environment is the contamination of air, earth, rivers, and sea with dangerous and even lethal materials. [...] The chemicals to which life is asked to make its adjustment are no longer merely the calcium and silica and copper and all the rest of the minerals washed out of the rocks and carried in rivers to the sea; they are the synthetic creations of man's inventive mind, brewed in his laboratories, and having no counterparts in nature.” (6-7. o.)

³⁰² marine/ocean (waste) dumping

³⁰³ „Under the Supervisory Harbors Act of 1888 the United States Army Corps of Engineers possessed jurisdiction over removal of materials from the ports of New York, Baltimore and Hampton Roads, Virginia. For activities within the three mile territorial seas, Section 4 of the Rivers and Harbors Act of 1905 and Section 13 of the Rivers and Harbors Act of 1899 provided legal support for the exercise of some control. [...] The Ocean Dumping Act has been in force since April of 1973 [...]. There are eleven active industrial and municipal ocean dumping sites in the Atlantic Ocean and Gulf of Mexico.” (3., 7-8. o.)

³⁰⁴ „Between 1970s and 1990s, toxic waste and nuclear waste in barrels were being dumped in the high seas or on land, typically in developing countries. Since the London Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter came into force in 1975, this trend appears to have slowed down. Later the Bamako Convention prohibited the dumping at sea of hazardous wastes. However, due to the shady nature of such dumping activities, it is difficult to know whether and to what extent this is still happening.” (43. o.)

³⁰⁵ „34. With respect to marine pollution, the initiative to develop a concerted interagency programme was taken three years ago through the ACC Sub-Committee on Marine Science and its Applications. This followed requests by some member countries for an active programme with respect to problems of increasing concern in some areas”

³⁰⁶ „The sea, as everybody today knows, is threatened. We generally restrain and reduce the scope of the question, the problem that the ocean faces, by speaking only of pollution. In fact, what we are facing is the destruction of the ocean by pollution and by other causes.” (3. o.)

³⁰⁷ „three practical observations which have a bearing upon man's future: (1) The ocean is not endless; (2) There is no such thing as territorial waters for more than days at a time; (3) Pollution caused by man has already reached the farthest section of the world ocean. [...] What others dump at sea will come to your shores, and what you dump at home will travel abroad irrespective of national legislation.” (44., 51. o.)

világháborúkat követően [Torneró & Hanke, 2016]. Kockázatos megoldás volt radioaktív anyagokat tartalmazó konténerek „tengeri ártalmatlanítása” is az Atlanti- és a Csendes-óceánon vagy a Jeges-tengeren. Évtizeden át több ország ekként szabadult meg a radioaktív hulladéktól [IAEA, 1999].

Szennyezőanyag-kibocsátás a tengeren. A hajókon keletkezett és a tengeren végzett gazdasági tevékenységekből eredő szennyező anyagok szintén hozzájárulnak a tengerek elszennyezéséhez, különösen a gyorsan növekvő tengeri személy- és teherforgalom, valamint a fokozódó tengeri halászat és bányászat következtében.

- *A tengerjáró hajókon utazók által „termelt” szennyező anyagoktól* – vegyes hulladéktól, szennyvíztől, szennyvíziszaptól – gyakran menet közben váltak és válnak meg. Főként az elmúlt pár évtizedben az óriási befogadóképességű turistahajók („úszó városok”) által vált jelentőssé e probléma. Az így keletkezett és a vízminőségre, élővilágra ártalmas anyagok nagy része a tengerbe jut, azaz csak egy töredékét kezelik megfelelően akár a hajókon, akár a kikötőkben [Olson, 1994; Leous & Parry, 2005³⁰⁸].
- *A hajók működéséhez az azokon tárolt és felhasznált kőolajszármazékok* (üzemanyag, „bunkerolaj”, kenőolaj) – nem valamilyen baleset következtében – szivárgással vagy kiömléssel kerülhetnek a tengervízbe. Ugyancsak komoly következményekkel járhat a hajók ballasztvizének tengerbe eresztése, lecserélése [Herz & Davis, 2002³⁰⁹; GBP, 2013³¹⁰]. E tevékenységek növekvő mértékű környezetkárosító hatásaira a múlt század első felében figyeltek fel, de jó néhány évtizedig tartott, mire nemzetközi szinten is lépéseket tettek a mérséklésükre.
- *A tengeri halászat* olyannyira iparszerűvé vált, hogy a tengereken már „halfeldolgozó gyárak” úsznak, amelyek sokszor a közben keletkező rengeteg hulladékot „visszaadják” a tengernek (a tartósító anyagok egy részével együtt), és ez kiegészül az elhagyott vagy hulladékká vált – mindinkább műanyagból készült – halászati eszközökkel [Herz & Davis, 2002³¹¹].
- *A kőolaj és a földgáz tengeri bányászata* ugyancsak kiterjedt iparág lett, emellett a tengerfenéken található ásványi anyagok iránt is növekszik az érdeklődés [Lange et al.,

³⁰⁸ „Marine debris can also originate out at sea. Dumping from cruise ships and other commercial vessels is such a source. According to the Ocean Conservancy, each cruise ship passenger can produce up to 85 gallons of so-called gray water and 10 gallons of sewage per day. Thus, the average cruise ship that carries 3,000 passengers can generate 255,000 gallons of wastewater and up to 30,000 gallons of sewage daily.” (258. o.)

³⁰⁹ „Oil and oily waste discharges can result from collisions, groundings, fueling operation spills, and bilge pumping. But it is estimated that nearly one-third [...] of petroleum products that reach the world’s oceans each year is the result of marine transportation discharges unrelated to collisions and other accidents” (11. o.) Cruise ships and other large vessels such as tankers and bulk cargo carriers use a tremendous amount of ballast water to stabilize the vessel. Ballast water is often taken on in the coastal waters of one region and discharged at the next port of call. It is estimated that ballast water transports at least 7,000 different marine species each day around the world [...]. Ballast water discharges invasive species into some of the most sensitive waters in the world” (17. o.)

³¹⁰ „While ballast water uptake and discharge operations are mostly performed in ports, they can also occur at sea. [...] The diversity of organisms conveyed by a ship is related to the geographic range of its trade routes. When species are able to survive the voyage and reach a new biogeographic region, their release in ballast water creates a hazard.” (4. o.)

³¹¹ „Entanglement in fishing line, wire, and plastic mesh and strapping, and ingesting plastic, Styrofoam, and other materials represent serious threats to marine life; they can damage an animal’s digestive tract, cause starvation by blocking food intake, and inhibit growth, molting, reproduction, buoyancy, and, ultimately, survival.” (18. o.)

2014³¹²]. E tevékenységek üzemszerű végzése is szennyező anyagok kibocsátásával jár együtt, ami mindenekelőtt az adott térségben okoz káros hatást a tengeri élővilágra.

Balesetek nyomán kialakult tengerszennyezés. Természeti és/vagy műszaki okokból hajókkal történt balesetek során veszélyes anyagok, illetve ilyeneket tartalmazó rakományok juthatnak a tengerbe. Ezen túlmenően olajfűrótoronyok balesetei is tetézhetik e környezetszennyezést.

- Teherszállító hajók régebbi baleseteit is számon tartják, amelyeknek egyebek mellett súlyos környezeti következményei voltak. 1917-ben a kanadai partok mentén egy francia (Mont Blanc) és egy norvég hajó (Imo) összeütközése, az azt követő robbanás sok emberi áldozatot követelt, és a francia hajó által szállított, tengerbe került toxikus robbanóanyag (kordit) még sokáig kifejthette ártalmas hatását. 1934-ben egy orosz tankerhajó a spanyolországi Camelle településhez közeli szikláknak ütközött, kettétörött és 11 ezer tonna kőolajszállítmánya a tengerbe veszett. 1957-ben a francia Janina hajó kitért és elsüllyedt tízezer tonna kőolajjal elszennyezve a spanyol Vigo város menti tengeri területet.
- A balesetekből fakadó szennyezések terén az 1960-as évek végétől a „mértékbeli” fordulatot a korábbiaknál jóval nagyobb kapacitású olajszállító szupertankerek és konténerhajók hozták el. 1967-ben a brit Torrey Canyon zátonynak ütközött Cornwall közelében, és több mint százezer tonna (kuvaiti) kőolajjal árasztotta el a tengert. Ezt sorra követték az 1970-es évektől az újabb és újabb tankerbalesetek, így az Amoco Cadiz kétszázezer tonnás kőolajszennyezése a francia partoknál 1978-ban vagy az Exxon Valdez tanker közel hasonló nagyságrendű kőolajszennyezése Alaszkánál 1989-ben. Ráadásul ez utóbbi egy ökológiai szempontból érzékeny térségben történt [Csatlós, 2009]. Más veszélyes hatású rakományok is a tengerbe veszttek: 1993-ban a francia Sherbro teherszállító hajó a francia partok mentén viharba került és több tonnányi toxikus növényvédőszerrel teli konténereinek egy része a tengerbe borult.
- Megnövekedett a tengeri teherforgalom, de a nemzetközi megállapodásoknak és a biztonsági intézkedéseknek betudhatóan csökkentek a balesetekből eredő, jelentősebb szennyezési esetek, köztük az olajszennyezések [UNEP/IRPTC, 1992; ITOPI, 2022³¹³]. E probléma azonban nem szűnt meg, amit csak egy közelmúltbeli példával illusztrálunk: a „Grand America” 2019-ben a Vizcayai-öböltől mintegy száz tm-re kigyulladt, kétezer tonnányi bunkerolaja a tengerbe ömlött, a veszélyes anyagokat tartalmazó konténerek egy részét elnyelte a tenger. A tengeri olajfűrótoronyok is megsokasodtak; baleseteik sorából kiemelkedik a „Deep Horizon” esete, amely 2010-ben egy robbanás nyomán kigyulladt, majd az azt követő folyamatos olajszivárgás miatt is összességében több százezer köbméter olaj ömlött szét a Mexikói-öbölben.

A szárazföldön folytatott tevékenységek a tengeri hulladékok nagy részének a forrásai. Számos legális vagy illegális hulladéklerakó létesült tengerparti területeken és folyók partjai mentén, de sok más módon és sokkal távolabbról is sokféle szennyező anyag kerülhet a tengerekbe.

- A szárazföldi területeken a hulladékkezelés nem megfelelő módjai, bizonyos ipari és a tengerparton, a kikötőkben, a partmenti térségekben folytatott más tevékenységek (pl. kőolaj-

³¹² „Offshore oil and gas production has become routine. There are currently around 900 large-scale oil and gas platforms around the world. Over time, engineers have penetrated ever greater depths, for with oil prices rising, deepwater oil and gas production, although costly, is now a lucrative business.” (10. o.) „Sea-floor mining. Diamonds, gravel and sand have been extracted from coastal waters for decades. To meet the growing demand for metals, there are plans to mine the ores found in the form of manganese nodules, cobalt crusts and massive sulphides at depths of up to 4000 metres” (53-54. o.)

³¹³ From 1970 to 2021, approximately 5.87 million tons of oil was lost as a result of tanker incidents globally. However, there has been a significant reduction in the volume of oil spilt through the decades. (7. o.)

finomítás), ritkábban ipari balesetek tengeri hulladékok, szennyező anyagok forrásai [Farrington, 1985³¹⁴; Leous & Parry, 2005³¹⁵].

- A tengerekbe a légköri transzport-folyamatok mellett a folyók közvetítésével is számottevő mennyiségű szennyező anyag jut el [Schmidt et al., 2017³¹⁶].

A szennyező anyagok felhalmozódása. Bármely forrásból is származnak a tengerekben a szennyező anyagok, jelentős részük ott felhalmozódik és káros hatásai akár össze is adódnak. Különösen a globális műanyagszennyezés és ennek a tengerekbe kerülő mennyisége rendkívül gyors növekedésű, a sokoldalúan tanulmányozott következmények közé pedig a műanyagok mellett a hőolajszármazékok tengeri élővilágra gyakorolt hatását sorolják.

- Az olajszennyezés miatti ártalmakat régóta vizsgálták, majd más veszélyes szennyezők és a kritikus mértékűvé vált műanyagszennyezés hatásaira is nagyobb figyelmet kezdtek fordítani [Blumer et al., 1970³¹⁷; UNEP/IRPTC, 1992; OSPAR, 2007³¹⁸; Varga, 2009³¹⁹; Gubek, 2016]. A feltárt hatásmechanizmus lényege az olajszennyezés esetében: a kiömlött olaj a felszínen elterülve elzárja az oxigén „útját”, ezáltal előidézve az ott található vízi élővilág pusztulását. A műanyag kis darabokra bomlik, a felszínhez közeli vízrétegben lebeg és bekerül a tengeri élőlények táplálékláncába. A legtöbbször zárt konténerekben szállított „veszélyes és ártalmas anyagok”³²⁰ (pl. a toxikus növényvédő szerek) viszont sokkal ritkábban vesznek a tengerbe, de ha ez megtörténik, akkor az olajszennyezésekéhez képest jóval komolyabb következményekkel kell számolni [Purnell, 2009; Galieriková et al., 2021].
- Több milliárd tonnára becsülték korábban a tengerbe került hulladékok teljes évenkénti mennyiségét [UNEP-IOC, 2009³²¹]. Ezen belül azóta is a legütemesebben a makro- és

³¹⁴ „Land based sources industrial effluents, municipal sewer effluents, marine tanker terminal and dry dock operations, and urban runoff account for more than a third of the total input [...] of petroleum hydrocarbons into the marine environment” (4-5. o.)

³¹⁵ „Approximately 80 percent of marine debris originates on land. Stormwater runoff, ineffective sewage treatment facilities and landfills are the primary sources of terrestrial debris. Since landfills are not meant to retain water, extensive drainage systems collect excess fluids and channel them into ditches located at the base of the landfill. Various types of debris, such as plastic fragments, can easily be transported through these conduits and into municipal sewers where they are discharged into coastal water bodies. Inadequate coverage of landfills can also result in marine debris” (258. o.)

³¹⁶ „Plastic debris loads, both microplastic (particles <5 mm) and macroplastic (particles >5 mm) are positively related to the mismanaged plastic waste (MMPW) generated in the river catchments. [...] Using MMPW as a predictor we calculate the global plastic debris inputs from rivers into the sea to range between 0.41 and 4 × 106 t/y.” (12246. o.)

³¹⁷ „It had then been suggested that hydrocarbons from oil pollution might be incorporated into marine organisms where they would persist [...]. Another critical finding is the persistence of essentially unaltered fuel oil in the sediments two months after the spill. [...] the gradual release of the oil with its high content of strongly toxic aromatic hydrocarbons from the sediments into the water column may pollute the water and the shellfish long after the actual accident.” (10. o.)

³¹⁸ „Solid waste in the marine and coastal environment causes environmental, economic, safety, health and aesthetic problems. [...] Plastic and polystyrene items are consistently found to be the main contributor to marine litter all over the world. [...] plastic items eventually break down into very small fragments and fibres [...]. These fragments and fibres can be ingested by marine organisms and may move up the food chain. (14-15. o.)

³¹⁹ „A víz felszínén szétterülő olajréteg a víz és a levegő között zárórteget alkot, ezáltal megakadályozva a levegő oxigénjének feloldódását. A víz oldott oxigéntartalma csökkenni kezd, rövidesen pedig megindul az élőlények pusztulása. [...] Az algák, planktonok és moszatok nagymértékű eltűnésével megszakad a tápláléklánc, a negatív folyamatok pedig kritikushatással lehetnek a halállományra.” (218. o.)

³²⁰ Hazardous and Noxious Substances (HNS)

³²¹ „Estimates for the rate of litter accumulation in the world’s seas and oceans vary substantially. The highest estimates suggest accumulation rates as high as 7 billion tonnes [...] the lowest estimate of 6.4 million tonnes per annum [...]. Irrespective, it is generally agreed that both the current levels and the rates of input are increasing”

mikroméretű műanyagoké emelkedik [IUCN, 2014; UNEP, 2014³²²]. Ennek egyik jeleként a Csendes-óceánban hatalmas kiterjedésű és folyamatosan növekvő, a tengeri áramlások hatására létrejött műanyag-örvényt fedeztek fel (amit néha műanyag hulladék-foltnak vagy -szigetnek is neveznek). Ennek felszámolására már több, de eredménytelen kísérletet tettek, ami még nyilvánvalóbbá tette, hogy az utólagos megoldási kísérletek helyett a globális műanyagáradat visszaszorítására van szükség [Moore, 2003³²³; Law et al., 2014; Dabrowska et al., 2021³²⁴].

A tengerek szennyezésének vizsgálatára a nemzetközi együttműködés – mint megannyi más környezeti ügyben – a múlt század közepétől a „nagy felgyorsulás” növekvő mértékű káros hatásainak a felismerését követően indult meg.

- Az 1960-as évek végén az UNESCO Kormányközi Oceanográfiai Bizottsága (IOC) és a Kormányközi Tengerészeti Konzultatív Szervezet (IMCO)³²⁵ – az első nagyobb tengeri olajszennyezéseket követően – kutatási programokat indított a hatások feltárására és a lehetséges beavatkozások tudományos-műszaki megalapozására, amelyekkel megelőzhetők, illetve kezelhetők a veszélyes anyagokkal történő szennyezések. (E kérdéskörre is kitértek az IOC olyan programjai, mint a LEPOR és a GIPME.)³²⁶ A radioaktív hulladékokkal történő szennyezés is napirendre került (IAEA, OECD/NEA). Mindezen tengerszennyezési ügyek más ENSZ-intézmények és nemzetközi szervezetek számára is fontossá váltak, így alakult meg 1969-ben a közös „Szakértői testület a tengeri környezetvédelem tudományos kérdéseinek vizsgálatára” (GESAMP)³²⁷.
- Az 1972. évi első környezetvédelmi világkonferencia ráerősített e problémakör esetében is a részletesebb megfigyelések szükségességére. Ennek nyomán megindult egy globális óceáni megfigyelőrendszer kiépítése (IGOSS) és annak keretében egy külön projekt kidolgozása a tengeri szennyezések monitoringjára (MAPMOPP).³²⁸ Az ENSZ akkor elhatározott környezeti programjának döntéshozó testülete ugyancsak sürgősnek ítélte meg e megfigyelőrendszer fejlesztését [UNEP, 1973]. Közel két évtizedig tartott, mire e sokoldalú és a szennyező anyagokra is kiterjedő globális rendszer kialakult (GOOS)³²⁹.
- További szervezetek, testületek is aktívan bekapcsolódtak e vizsgálatokba és a megoldáskeresésbe: a tengeri műanyagszennyezéssel foglalkozó „konzultatív folyamat” (UN/ICP), a tengeri hulladékok kezelési módjainak fejlesztését koordináló globális platform

³²² (4.) „Recognizes that plastics, including microplastics, in the marine environment are a rapidly increasing problem due to their large and still increasing use combined with the inadequate management and disposal of plastic waste, and because plastic debris in the marine environment is steadily fragmenting into secondary microplastics”

³²³ „for the past fifty years or so, plastics that have made their way into the Pacific Ocean have been fragmenting and accumulating as a kind of swirling sewer in the North Pacific subtropical gyre.” (47. o.)

³²⁴ „The Great Pacific Garbage Patch (GPGP) is the largest of the five offshore plastic accumulation zones in the world’s oceans [...]. Over 75% of the GPGP mass was carried by debris larger than 5cm and at least 46% was comprised of fishing nets. Microplastics accounted for 8% of the total mass” (3. o.)

³²⁵ E szervezet elődjének létrehozásáról 1948-ban határoztak, majd 1982-ben átnevezték (Inter-Governmental Maritime Consultative Organization, IMCO 1948-; International Maritime Organization, IMO 1982-).

³²⁶ Long-term and Expanded Programme of Oceanic Exploration and Research (LEPOR, 1969-); Global Investigation of Pollution in the Marine Environment (GIPME, 1976-)

³²⁷ Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP, 1969-): FAO, IAEA, IMCO, UNESCO/IOC, WHO, WMO & UNEP (1972-)

³²⁸ Recommendation 90: „It is recommended that the Intergovernmental Oceanographic Commission, jointly with the World Meteorological Organization and, as appropriate, in co-operation with other interested intergovernmental bodies, promote the monitoring of marine pollution, preferably within the framework of the Integrated Global Ocean Station System (IGOSS) [...], with advice from the Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution (GESAMP)” [UN, 1972]

³²⁹ Global Ocean Observing System (GOOS, 1991-)

(GPML), az „e-hulladék koalíció” (EMG/EWC), a tengeri hulladékok és mikroműanyagok sorsát elemző ENSZ-munkacsoport (EMG/AHEG), az IUCN és a Greenpeace. Külön említésre méltók azon szervezetek adatbázisai, amelyek a súlyos következményekkel járó tengeri balesetek leírását tartalmazzák (ITOPF, CEDRE).

Nemzetközi ajánlások, programok és megállapodások születtek a tengerek szennyezésének megelőzésére. Mindezek közül a globális hatályúakra térünk ki, habár a regionális tengereken történő balesetek hatásai sem feltétlenül állnak meg e tengerek határainál.

- Az 1972. évi ENSZ-konferencián nemcsak a megfigyelőrendszer létrehozását javasolták, hanem ajánlásokat tettek a tengerszennyezés, a hulladéklerakás megelőzésére, továbbá közzétették azokat az alapelveket, amelyek nem sokkal később beépültek a vonatkozó egyezményekbe [UN, 1972³³⁰]. A két évtizeddel később kidolgozott fenntartható fejlődési világprogramban egy egész fejezetet szenteltek a tengerekkel kapcsolatos feladatoknak, egyebek mellett sürgetve a megállapodások hathatósabb végrehajtását és nemzetközi előírások kimunkálását a szárazföldön folytatott tevékenységekből eredő szennyezések megfékezésére [UN, 1992³³¹]. Ezt követően minden évben az ENSZ-közgyűlés napirendjén és az újabb „fenntarthatósági” világtalálkozókon (2002, 2012) is szerepelt e témakör, ahol értékelték a helyzetet és pontosították a teendőket.
- A tengeri környezet védelmére az 1992-es ajánlások mentén több kritikus témában külön programokat dolgoztak ki. Említettük, hogy a tengeri hulladék jelentős része nem a hajókról, hanem a szárazföldről származik. Az 1995-ben elfogadott Globális Cselekvési Program szerint arra kell törekedni, hogy a szárazföldön folytatott tevékenységekből se kerüljön a tengerekbe hulladék és szennyvíz [UNEP/GPA-LbA, 1995³³²]. 2002-ben hagyták jóvá a Globálisan Harmonizált Rendszert a vegyi anyagok besorolására és címkézésére, amelyet az e körbe tartozó veszélyes anyagok tengeri szállításánál is alkalmaznak (GHS)³³³. Az új fenntartható fejlődési világprogramban konkrét határidőket tűztek ki a szennyezés csökkentésére, a hulladéklerakás megszüntetésére [UN, 2015³³⁴]. 2018-ban a műanyag hulladékokkal való tengerszennyezés elleni fellépésre cselekvési programot hagytak jóvá, a párizsi éghajlatvédelmi megállapodáshoz kapcsolódóan pedig a tengerjáró hajókról származó üvegházhatású gázkibocsátások mérséklésére stratégia készült (IMO/MPL; IMO/GHG)³³⁵. Az előbbi 2021-ben egy olyan ambiciózus stratégiai céllal egészítették ki, miszerint 2025-re teljességgel meg kell szüntetni a műanyag hulladék-áramot.
- A tengerek szennyezésével foglalkozó, illetve ilyen rendelkezéseket is tartalmazó globális jogi eszközök „nyitányát” az olajszennyezések megelőzését célzó, korlátozott érvényű 1954. évi egyezmény és a nyílt tengerekről szóló 1958. évi egyezmény jelentette. Ez utóbbi előírta, hogy a



³³⁰ *Action Plan*: Recommendation 86 „(a) Accept and implement available instruments on the control of the maritime sources of marine pollution; [...] (c) Ensure that ocean dumping by their nationals anywhere, or by any person in areas under their jurisdiction, is controlled and that Governments shall continue to work towards the completion of, and bringing into force as soon as possible of, an overall instrument for the control of ocean dumping”. *Report*: Annex III. „General principles for assessment and control of marine pollution”

³³¹ Chapter 17. Protection of the oceans, all kinds of seas, including enclosed and semi-enclosed seas, and coastal areas and the protection, rational use and development of their living resources

³³² Global Programme of Action for the Protection of the Marine Environment from Land-based Activities (GPA-LbA)

³³³ Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS)

³³⁴ 14.1: „By 2025, prevent and significantly reduce marine pollution of all kinds, in particular from land-based activities, including marine debris and nutrient pollution”. 6.3: „By 2030, improve water quality by reducing pollution, eliminating dumping and minimizing release of hazardous chemicals and materials”

³³⁵ IMO Action Plan to Address Marine Plastic Litter from Ships; IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions

csatlakozó államok intézkedéseket tegyenek az olajszennyezések és a radioaktív hulladékok tengeri lerakásának elkerülésére [CHS, 1958: Art. 24, 25]. Az 1960-as évektől ütemesen növekvő tengeri forgalommal az akaratlan (baleseti) és a szándékos (lerakási) szennyezési esetek is gyarapodtak. A korábbi szabályozási eszközöket új és sokkal részletesebb egyezmények váltották fel: a hulladéklerakást szabályozó 1972. évi Londoni Egyezmény, valamint a nem-baleseti és a baleseti eredetű szennyezésekről is általában rendelkező 1973. évi egyezmény, amelyeket később jegyzőkönyvekkel egészítettek ki [LC, 1972; LC/LP, 1996; MARPOL, 1973; MARPOL/MP, 1978: Annex V]. Az előbbiek értelmében – néhány konkrétan meghatározott kivétellel – tiltott lett a hulladékok tengerbe bocsátása és a hajókon a hulladékégetés³³⁶. A nagykapacitású tankerekkel történő olajszállítások fokozott biztonságát is szolgálta a tengerjáró hajókra szigorú műszaki előírásokat tartalmazó egyezmény [SOLAS, 1974]; ennek rendelkezéseit többször módosított jegyzőkönyvek pontosították, illetve bővítették (1978, 1988).³³⁷

- Negyven évvel ezelőtt született meg az ENSZ Tengerjogi Egyezménye, amelynek kidolgozása szintén 1972 után kezdődött, és amely mind a mai napig a tengerekkel kapcsolatos nemzetközi együttműködés alapidokumentuma. Ez az 1982. évi, de csak 1994-től hatályos egyezmény határozta meg azokat az általános követelményeket is, amelyek alapján az államoknak nemzetközi és nemzeti szinten szabályokat kell alkotniuk és betartaniuk – a fennhatóságuk alá tartozó területeken és a nyílt tengeren – a tengeri környezet szennyezésének és az abból adódó káros hatásoknak a megelőzése, illetve mérséklése érdekében [UNCLOS, 1982³³⁸]. A rendelkezések kiterjednek a szennyezés összes forrására: a szárazföldön, a hajókon, a tengeren és a tengerfenéken végzett tevékenységekből származó szennyező anyagokra, különös tekintettel a toxikus, perzisztens, veszélyes és ártalmas anyagokra, beleértve a nem szándékos és a szándékos kibocsátásokat is.³³⁹
- Az átfogó ENSZ-egyezmény és más korábbi jogi eszközök figyelembevételével 1990-től egy sor újabb megállapodás látott napvilágot specifikus tengerszennyezési témákban. Továbbra is kitüntetett szerepe maradt az olajjal összefüggő környezetterhelési problémáknak: egyezményeket hagytak jóvá a tankerek miatti esetleges olajszennyezések elhárításáról, az ezek által szállított és a hajók üzemanyagtartályából származó olaj szivárgásából vagy kiömléséből eredő károkért viselt polgári jogi felelősségről (IOPRC, 1990; CLC, 1992; CLC-BOPD, 2001). A kis aktivitású radioaktív hulladékok tengerbe süllyesztésének tiltására, a külön felsorolt „veszélyes és ártalmas anyagok” tengeri szállítását érintő felelősségvállalásra, valamint a ballasztvíz nem megfelelő kezelése miatti környezeti károkozás elkerülésére is nemzetközi előírásokat fogadtak el (LC/LLRW, 1993; HNS, 1996, 2010; BWM, 2004). A tengerbe került és ott felhalmozódó hulladékok, mikroműanyagok és különféle toxikus anyagok súlyosan károsítják a tengeri és tengerparti élővilágot. E veszélyes hatások csökkentését célozzák az olyan természetmegőrzési egyezményekben részes felek

³³⁶ waste incineration

³³⁷ Annex I. Regulations for the Prevention of Pollution by Oil: „double hull and double bottom requirements for oil tankers of 5,000 tonnes deadweight and above”

³³⁸ Article 194. „1. States shall take, individually or jointly as appropriate, all measures consistent with this Convention that are necessary to prevent, reduce and control pollution of the marine environment from any source”

³³⁹ Article 194 (3.): „The measures taken pursuant to this Part shall deal with all sources of pollution of the marine environment.” Article 207: Pollution from land-based sources; Article 208. Pollution from seabed activities subject to national jurisdiction. Article 209: Pollution from activities in the Area⁺. Article 210: Pollution by dumping. Article 211: Pollution from vessels. Article 212: Pollution from or through the atmosphere. (⁺Area means the seabed and ocean floor and subsoil thereof, beyond the limits of national jurisdiction).

határozatai, mint az Biológiai Sokféleség Egyezmény és a „Vándorló állatfajok védelméről szóló egyezmény” (CBD, 2016; CMS, 2011)³⁴⁰.

* * *

A tengerszennyezés, a tengeri hulladékok keletkezése és hatásaik iránti figyelem megnőtt, programok és jogi eszközök készültek, amelyek végrehajtásáért ugyan sokat tettek az azokban részt vevő államok és nemzetközi szervezetek, de a tengeri környezet állapotát továbbra is komolyan veszélyeztetik az emberi tevékenységek. Különbő okokból néhány nagy tengerhajózó állam nem csatlakozott például a MARPOL egyezményhez és a Londoni Egyezményt felváltó jegyzőkönyvhöz sem. Nem szűnt meg az illegális tengeri hulladéklerakás; a hajók szennyvizének számottevő hányada még mindig a tengerbe kerül; a tengerek élővilágát veszélyeztető mikroműanyag mennyisége növekszik; bár csökkent a tankerek általi tengeri olajszennyezés, de különösen kirívó esetek történtek a közelmúltban is [Koboevic, 2022; UNEP, 2016; Lau et al., 2020³⁴¹; ITOFF, 2022³⁴²]. A 2015-ben jóváhagyott fenntartható fejlődési ENSZ-program egyik célja, hogy 2025-ig jelentősen csökkenjen a tengerek hulladékkal való szennyezése [UN, 2015³⁴³]. Erre hivatkozott az UNEP Közgyűlésének a határozata, amelyikben már azt is felvetették, hogy hosszabb távon teljességgel meg kellene szüntetni e hulladékáramot [UNEP, 2017]. Jelentős fejlemény az a határozat, amelynek értelmében nemzetközi egyezmény készül már nemcsak a tengerek műanyagszennyezésének mérséklésére, hanem általában a környezet műanyaggal való terhelésének csökkentésére [UNEP, 2022³⁴⁴]. A tényleges helyzet megfelelő értékeléséhez azonban mindenekelőtt pontosabb adatokra lenne szükség és ehhez járulna hozzá, ha a tengerek környezeti állapotának monitorozására 1991-ben létrejött rendszert (GOOS) kiterjesztenék a tengeri hulladékok megfigyelésére is [Maximenko et al., 2019³⁴⁵]. Kezdeményezések történtek a tengeri hulladék visszagyűjtését, ártalmatlanítását lehetővé tevő technológiák kifejlesztésére és alkalmazására, de elsősorban a megelőzésre vonatkozó meglévő előírások betartására/betartatására kellene nagyobb hangsúlyt helyezni, amire jó alkalmat biztosított a Tengerjogi Egyezmény negyvenedik évfordulója [UN, 2021].

2.4.2. Hulladékok a Déli-sarkvidéken

A Déli-sarkvidék kontinensén, az Antarktikán a zord viszonyok miatt nem túl sok ember fordult meg az 1990-es évekig: többségük az 1957/1958-as Nemzetközi Geofizikai Év során és az azt követően létesített kutatóállomásokon. Az ott folytatott megfigyelések hozzájárulnak a globális környezeti rendszer működésének megértéséhez és erre a legismertebb példa az „ózonlyuk” felfedezése 1984-ben a brit Halley-állomás kutatói által. A térség sajátosságai miatt viszont

³⁴⁰ CBD, 2016: Addressing impacts of marine debris and anthropogenic underwater noise on marine and coastal biodiversity. CBD/COP/DEC/XIII/10; CMS, 2011: Marine Debris. UNEP/CMS/Resolution 10.4

³⁴¹ „Plastic pollution is globally ubiquitous. It is found throughout the oceans, in lakes and rivers, in soils and sediments, in the atmosphere, and in animal biomass. This proliferation has been driven by rapid growth in plastic production and use [...]. If plastic production and waste generation continue to grow at current rates [...], the cumulative mass of ocean plastic could increase by an order of magnitude from 2010 levels by 2025” (1455. o.)

³⁴² „With regard to the volume of oil spilt during the last decade, low annual quantities compared to prior decades were recorded for most years. However, a single large spill in 2018 resulted in the largest annual quantity of oil spilt in 24 years being recorded [...]. Also the spill amount for 2021 is the second highest estimate in the last ten years.” (17. o.)

³⁴³ „14.1 By 2025, prevent and significantly reduce marine pollution of all kinds, in particular from land-based activities, including marine debris and nutrient pollution.”

³⁴⁴ UNEP/EA.5/Res.14

³⁴⁵ Integrated Marine Debris Observing System: „IMDOS will build on the positive experience of such successful programs as the Global Ocean Observing System (GOOS) and, after a setup period, may become a part of the GOOS.”

szinte mindent oda kell szállítani, ami az állomások létesítéséhez, fenntartásához, a személyzet ellátásához, életkörülményeihez, a tudományos vizsgálatokhoz szükséges. Az ottani életvitel során, az anyagok felhasználása közben, az eszközök használatának folyamatában és elhasználódásuk után pedig különféle minőségű és mennyiségű, szilárd és folyékony hulladék keletkezik. A természeti környezet terhelését tetézi, hogy az utóbbi pár évtizedben fellendült az antarktiszi turizmus is. (E térségbe a légkörön keresztül is érkeznek szennyező anyagok, amire az egyik „elhíresült” példa a DDT felfedezése a pingvinek szervezetében [Geisz, 2004]; de ehelyütt csak az e térségben keletkezett, illetve hátrahagyott szennyező anyagokkal, hulladékokkal foglalkozunk.)

A déli-sarkvidéki hulladék. A mintegy hetven állandó és ideiglenes állomáson összességében évente néhány ezren tartózkodnak. Csupán néhány állomás helyezkedik el a többé-kevésbé jégmentes partközeli területtől távolabb, a kontinens belsejében, így például az USA egyik kutatóállomása (pontosan a Déli-sarkon) és az egyik orosz kutatóállomás.³⁴⁶

- A hatodik kontinensen sok jele maradt a korábbi évtizedekben folytatott tevékenységből eredő környezetszennyezésnek, elsősorban több elhagyott vagy régóta működő állomás közelében. A hulladékprobléma, a szennyvízkezelés „egyszerű” megoldásaira utalások találhatók az első jól dokumentált, hat helyszíni ellenőrzés eredményeit összefoglaló jelentésben [ATS-Inspection, 1980³⁴⁷].
- Az 1990-es évekig a szilárd hulladéktól – az állomás helyétől is függően – általában háromféle módon szabadultak meg: elégették, valamilyen egyszerű módon kialakított hulladéklerakóba tették vagy olyan partközeli jégtömbökön gyűjtötték, amelyek egy idő után leszakadtak, a tengeren távolabbra sodródtak, fokozatosan megolvadtak, és e jégszigetekkel együtt a rajtuk lévő hulladék is „eltűnt” [Stark et al., 2006]. A veszélyes összetevőket is tartalmazó lerakott hulladéknak és az egyes állomásokról a közeli területre vagy a tengerbe kibocsátott, nem vagy alig tisztított szennyvíznek súlyos környezeti hatásai lettek [Tin et al., 2009³⁴⁸].

A nemzetközi szabályozási rendszer alapja az Antarktisz Szerződés, amelyet a Nemzetközi Geofizikai Év programjában részt vevő államok kötöttek meg [ATS, 1959]. Ennek hatálya a 60. déli szélességi körtől délre eső teljes térségre terjed ki: tehát jogi és nem földrajzi értelemben ez a Déli-sarkvidék, ami magában foglalja az Antarktikut, a selfjéggel borított területeket és néhány szigetet. Nemzetközi területről van szó, amelyik nem tartozik egyetlen állam fennhatósága alá sem, hiába jelentette be ebbéli igényét több állam az Antarktisz egyes szektoraira, mivel a Szerződés alapján ennek érvényesítésére nincs módjuk [Conforti, 1986³⁴⁹].



- Az Antarktiszon folytatott tevékenységek környezetvédelmi követelményeit a jóval később elfogadott jegyzőkönyv rögzítette [ATS, 1991], beleértve a hulladékkezelés részletes szabályozását (III. és IV. melléklet). A hangsúly a hulladék minimalizálásán túlmenően azon

³⁴⁶ USA: Amundsen–Scott South Pole Station; RF: Vostok Station (Станция Восток)

³⁴⁷ U.K. Station – Rothera: „Solid waste is all burned, the resulting ash and waste is dumped into the bay. Raw sewage and waste water is piped into the bay.”

³⁴⁸ „Chemical contamination from abandoned waste disposal sites and past fuel spills are a legacy from when environmental management was less stringent prior to the entry into force of the Environmental Protocol in 1998” (6. o.)

³⁴⁹ „Between 1908 and 1940, seven states advanced territorial claims in Antarctica. The first claimant state was Great Britain; the last was Chile. The five other claimant states are Argentina, Australia, France, New Zealand, and Norway. [...] the claimant states do not enjoy any rights superior to those enjoyed by the other states carrying out activities in Antarctica. The Antarctic Treaty grants privileges to the states that demonstrate their interest in Antarctica by conducting substantial scientific research activity there.” (253., 258. o.)

volt, hogy a térségben keletkező hulladékot a lehető legnagyobb mértékben elszállítsák: abba az országba, ahonnan a hulladékot is eredményező kutatási tevékenységet szervezték vagy egy másik országba, ha ott is megfelelően ártalmatlanítható. E jogi eszköz kitért a korábban hátrahagyott hulladékok, hulladéklerakók felszámolására is. De mindegyik előírt hulladékkezelési – szilárd hulladéokra, hulladékvízre, szennyvízre is érvényes – megoldás esetében nyitva maradt a lehetőség másféle eljárásra (ugyanazzal a megengedő megfogalmazással³⁵⁰). E térség nemzetközi státuszából adódóan az Antarktisz Szerződés lehetővé teszi a kutatóállomásokon keletkezett hulladék kezelésének ellenőrzését bármikor bármely fél erre felhatalmazott képviselői által.

- A tudományos megfigyelések, vizsgálatok mellett az 1990-es évektől megélénkült a turizmus. Egy külön útmutatóban határozták meg az antarktisi látogatásokat szervezők számára a környezet megóvásával és ennek részeként a hulladékokkal kapcsolatos elvárásokat [ATS, 1994³⁵¹].

A megállapodások végrehajtása? Ahhoz, hogy a Déli-sarkvidéken az emberi jelenlét ne okozza e térség természeti környezetének károsodását, elengedhetetlen az ott keletkező szennyező anyagokról és általában véve a környezet védelméről szóló előírások teljesítése. Az Antarktisz Jegyzőkönyv 1991. évi elfogadása és 1998-as hatálybalépése óta eltelt időszak alatt valamelyest javult a helyzet a kutatási és a turisztikai tevékenységek környezetszennyező következményeinek mérséklését illetően. A múltból visszamaradt hulladékos problémák jelentősebb része viszont megoldatlan maradt.

- A jegyzőkönyv hatálybalépése óta viszonylag kevés előrehaladás történt a hulladéklerakók felszámolása ügyében [Tin et al., 2009³⁵²], és az állomások többségén a szennyvizet – tágabban véve a különböző eredetű hulladékvizet – semmilyen módon nem kezelték a környezetbe való kibocsátása előtt [Gröndahl et al., 2008³⁵³]. A környezeti rendelkezések betartásának helyzetét rendszeresen értékeli a Környezetvédelmi Bizottság (CEP), amelynek publikus dokumentumaiban ugyancsak „óvatos” megfogalmazások találhatók [ATS-CEP, 2016; McIvor, 2019³⁵⁴], de éppen ezek miatt is pontosították 2019-ben a minden fél számára követendő hulladékkezelési útmutatót. A Szerződés által lehetővé tett helyszíni ellenőrzések összefoglalói árnyaltabb képet mutatnak arról, hogy egyes állomásokon milyen hiányosságokat tártak fel [ATS-Inspection, 2001, 2016].
- Eközben a turizmus által okozott környezetterheléssel is jobban törődni kellene, mert az 1990-es évek néhány ezer fő/év látogatószámához képest az utóbbi időben már évente több

³⁵⁰ „to the maximum extent practicable”

³⁵¹ „When in the Antarctic Treaty Area – Organisers and operators should [...] dispose of waste materials in accordance with Annex III and IV of the Protocol. These annexes prohibit, among other things, the discharge of plastics, oil and noxious substances into the Antarctic Treaty Area; regulate the discharge of sewage and food waste; and require the removal of most wastes from the area.”

³⁵² „In the ten years since the entry into force of the Environmental Protocol, there has been relatively little progress in implementation of the provision requiring all past and present waste disposal sites on land and abandoned sites of Antarctic activities to be cleaned up by the generator(s) of such wastes and the user(s) of such sites” (23. o.)

³⁵³ „This study shows that despite the fact that Antarctica is the largest pristine wilderness on the planet, and is very sensitive to environmental disturbance, 52% of the 71 stations located there lack any kind of waste water treatment system” (303. o.)

³⁵⁴ „The subject of clean-up has been considered since the first meeting in 1998 of the Committee for Environmental Protection (CEP) [...]. Available information, however, including the reports of official inspections under the Antarctic Treaty and Protocol, suggests that considerable work remains to be done to fully realise the protection goals of the Protocol. The clean-up of waste disposal and abandoned work sites is identified by the CEP as a priority issue for its attention, within the broader topic of repair and remediation of environmental damage.”

tízezren látogattak az Antarktiszra. A megnövekedett turizmus környezeti hatásainak, hátramaradó hulladékának minimalizálására a korábbiaknál is nagyobb figyelemmel van a Szerződés döntéshozó testülete [ATS, 2019] és a térség idegenforgalmát koordináló nemzetközi szervezet³⁵⁵.

* * *

A hatodik kontinens és tágabb déli-sarkvidéki térségének védelme az expedíciók tevékenységéből és az idegenforgalomból származó környezetterheléstől nem megoldott. Ráadásul több jele van e térség természeti erőforrásai iránt növekvő érdeklődésnek. A környezeti megfigyelések és kutatások nemzetközi összefogással is folytatódnak, de egyelőre nem látszik egyetértés és így érdemi előrehaladás sem arra vonatkozóan, hogy szigorúbb környezetvédelmi előírások szülessenek.

2.4.3. Az „űr hulladék”

Az elmúlt több mint fél évszázadban sok ezer mesterséges égitestet bocsátottak fel elsősorban Föld körüli pályára, kisebb részben pedig más égitestek, az űr távolabbi térségeinek vizsgálatára. A Földtől számított távolságaik alapján az objektumok döntő többsége a kétezer km-es távolságig terjedő „alacsony Föld körüli pályán” (földközeli pályán), a harmincezer km-re található geoszinkron régióban vagy e kettő közötti – a Földtől több ezer km-es távolságú – pályán kering.³⁵⁶ Miután megkezdődött a kozmikus térség egy részének használata, annak állapotáért, e tevékenység tervezett vagy nem szándékolt hatásaiért is felelősséget kell(ene) vállalni.

Bármilyen céllal is juttattak fel az űrbe valamilyen eszközt, az előbb vagy utóbb bevégzi (szó szerint is) a „pályafutását” és – hacsak nem többszöri felhasználásra tervezték – akkor a már működésképtelen eszköz vagy több-kevesebb darabja hulladékként marad meg egy ideig az űrben.

- A világűr kutatása és használata bárki által lehetséges, de ennek során lényeges (lenne) a legalapvetőbb feltételek betartása. Ezek között kiemelkedő jelentőségű: az összes „űrhasználó” állami szervezet vagy magánvállalkozás felelősségvállalása az űrhulladék keletkezéséért és kezeléséért elsősorban az általa útjára indított űreszközök esetében.
- A neves űrkutató és csillagász, Almár Iván szerint: „Az űrszemét probléma két tartományban kritikus: egyrészt az alacsony pályán (LEO), ahol értékes műholdak, lakott űrállomások és űrjárművek találhatóak, másrészt a geostacionárius pálya (GEO) közelében. Ez utóbbi [...] nagy értéket képvisel, mert az itt elhelyezett és kellő irányban elindított távközlési vagy meteorológiai holdak együtt haladnak a földfelszínnel (keringési idejük pontosan egy nap), ezért alkalmasak bizonyos területek folyamatos megfigyelésére, illetve a folyamatos kapcsolattartásra.” [Almár, 2004]
- Márpedig az űrhulladék mennyisége és az ebből fakadó kockázatok mértéke folyamatosan emelkedik a föld körüli űrpályákon. E téren tehát van bőven teendő a nemzetközi együttműködés keretében [UNOOSA, 2019³⁵⁷].

Az űrhulladék mennyisége, forrásai és a kockázatok. A Föld körüli pályán jelenleg működő mintegy kétezer mesterséges objektumon kívül ebben az „űr-környezetben” a korábban

³⁵⁵ International Association of Antarctica Tour Operations (IAATO)

³⁵⁶ Low Earth Orbit (LEO); Medium Earth Orbit (MEO); Geosynchronous Orbit: Geosynchronous Equatorial Orbit (GEO), Geostationary Orbit (GSO)

³⁵⁷ „While space helps us build resilience and accelerate sustainable development, we need to ensure it remains sustainable as a global commons. One problem that we are working to address is the increasing amount of space debris” (v. oldal)

felbocsátott, de már használaton kívüli űreszközök sokasága, valamint az azokból levált vagy az ütközésekből keletkezett óriási mennyiségű, eltérő méretű és tömegű hulladék található.

- A kisebb méretű űrhulladék mennyiségét, térbeli eloszlását különböző módon becsüli többek között a NASA és az ESA, a nagyobb méretűeket – a 10 cm felettieket és valamelyest az 5-10 cm közöttieket – pedig folyamatosan nyomon követik az űrobjektumokat felbocsátó országokból.³⁵⁸ A Föld körüli űrhulladék becsült mennyisége [Muñoz-Patchen, 2018]: százmilliónyi mikrometeorid (1-10 mm), legalább félmilliónyi kisméretű (1-10 cm) és néhány tízezer terjedelmesebb hulladék (10 cm feletti mérettel).
- Az űrhulladék túlnyomó része a Földtől számított 800-1000 km közötti magasságban található. Ennek darabjai vagy a földközeli pályaszakaszon valamivel távolabb lévő űrhulladékok még hosszú ideig folytathatják a Föld körüli keringésüket mielőtt fokozatosan alább ereszkedve a légkörben megsemmisülnének. (Előfordulhat, hogy egy-egy űrhulladék-darab a felszínre érkezik, amire eddig is volt több példa.)
- Űrhulladék sokféle módon és okból keletkezhet: űreszközök felbocsátásakor, működésképtelenné válásakor, egy objektumról levált kisebb-nagyobb „űrszemétként” (pl. festék- és burkolatdarabok), esetleg egy űreszköz felrobbanásakor vagy két objektum összeütközésekor [IADC, 2019; ESA, 2019³⁵⁹].
- A Föld felett, néhány tízezer km-es távolságon belül található űrhulladékon kívül meg kell említeni azokat a már nem működő eszközöket, amelyek a világűrben távolabbra jutottak, illetve amelyek egésze, részei vagy törmelékei egy másik égitesten találhatók, mert ezek is az űrhulladékok körébe tartoznak. Ilyen maradványok találhatók már elsősorban a Holdon, valamint a Vénuszon és a Marson.
- Nemcsak általában véve jelenti az űrhulladék a kozmikus tér környezetszennyezését, hanem bolygónk körül annak darabjai veszélyeztetik a működő műholdakat különösen a „védett” földközeli és geostacionárius pályákon. Sokféle módszerrel becsülik az ilyen összeütközések valószínűségét elsősorban a földközeli pályán keringő, működő objektumok esetében, és vizsgálják ezek elkerülésének lehetőségeit. A műholdak számának és a hulladék mennyiségének emelkedésével az ütközési kockázat növekszik, ráadásul akár „dominó-hatással” is számolni kell, hiszen két űrobjektum ütközése nyomán temérdek újabb űrhulladék keletkezhet [Torky et al., 2019³⁶⁰]. Ugyancsak kritikus következményekkel jár együtt, amikor egy-egy műhold szétrobban, darabokra törik [IADC, 2019³⁶¹], illetve ezt szándékos beavatkozás okozza [Muñoz-Patchen, 2018³⁶²]. Az említett „dominóhatás” szélsőséges változata a Keszler-szindrómának nevezett jövőképe, miszerint a földközeli

³⁵⁸ U.S. National Aeronautics and Space Administration (NASA): Orbital Debris Program Office (ODPO); European Space Agency (ESA): Space Debris Office; U.S. Space Surveillance Network (SSN); R.F. Main Space Control Centre (SKKP) / Центр Контроля Космического Пространства

³⁵⁹ Payload mission related objects, Payload fragmentation debris, Payload debris, Rocket body, Rocket mission related objects, Rocket fragmentation debris, Rocket debris (8. o.)

³⁶⁰ „As a result of historical space operations and fragmentation, it is likely that the density of space particles has reached a critical level, where the rapid growth of space debris will continue with increase in human work in space. Debris growth comes from a widely-expected increase in the number of collisions between a large number of space masses.” (83461. o.)

³⁶¹ „The most common source of space debris is on-orbit break-ups of spacecraft or orbital stages. At the time of writing, more than half of catalogued objects, and the vast majority of all space debris larger than 5 cm in diameter stem from on-orbit break-ups.” (17. o.)

³⁶² „At 49% of trackable debris, ‘fragmentation debris’, consisting of small pieces of matter from collisions between space objects or accidental explosions, is the largest source of trackable debris. Some of this debris was created by the intentional destruction of space objects. For example, in 2007 China intentionally destroyed one of its weather satellites to test an antisatellite missile, producing approximately 2,500 pieces of trackable debris, as well as many more small and untrackable pieces.” (237. o.)

pályán lévő objektumok egy kritikus mennyisége felett az ütközéseik nyomán keletkező űrhulladékok miatt még tovább nő az ütközések valószínűsége, és e földközeli pálya gyakorlatilag egy telített „hulladék-övvé” változhat [Kessler & Cour-Palais, 1978; Kessler, 1991³⁶³].

A nemzetközi kutatási és technológiai kapcsolatok fejlődése hozzájárult a világűr felfedezéséhez, a műholdak segítségével a földi környezet jobb megismeréséhez, különféle szolgáltatások fejlesztéséhez (pl. távközlés). Egy idő után a műholdak, űrobjektumok esetleges összeütközése, az űrhulladékok miatti kockázatok mérséklése is szükségessé tette az egyeztetéseket.

- Az űrkutatás új korszaka kezdődött az 1950-es évek végétől olyan nemzetközi és kormányközi szervezetek megalakulásával és működésével, mint a Nemzetközi Asztronautikai Szövetség (IAF, 1951), az ICSU tagjaként létrejött Űrkutatási Bizottság (COSPAR, 1958), a Kármán Tódor (Theodore von Kármán) által kezdeményezett Nemzetközi Asztronautikai Akadémia (IAA, 1960) vagy a Nemzetközi Űrjogi Intézet (IISL, 1960).³⁶⁴
- Röviddel az első mesterséges égitestek fellövését követően, azaz 1957 után egy ENSZ-határozat (1348 (XIII), 1958) alapozta meg nemcsak az együttműködés általános célkitűzéseit és kereteit, hanem már érintette a kutatások mellett a világűr közös használatának egyes elveit. E határozat alapján kezdte meg a tevékenységét az ENSZ Világűr Irodája és Világűr Bizottsága (UNOOSA, 1958; UNCOPUOS, 1959)³⁶⁵, az ENSZ szakosított szervezetei közül pedig elsőként a Nemzetközi Távközlési Egyesület (ITU) kapcsolódott be az űrhasználati lehetőségek feltárásába (ITU, 1963)³⁶⁶.
- Az űrhulladék felhalmozódásából adódó gondokra az 1990-es évektől jobban odafigyeltek: külön Ügynökségközi Űrhulladék Koordinációs Bizottság alakult (IADC, 1993), továbbá e kérdést is vizsgálta többek között az említett ENSZ-bizottság (UNCOPUOS), az ITU, az IAA Űrhulladék Bizottsága (SDC), a COSPAR egyik testülete (PEDAS), az IAF Űrbiztonsági Bizottsága (CSS).³⁶⁷

Globális űrhulladék-szabályozás. A szervezeti fejleményeken kívül az űrbiztonság, az űrhulladék ügyében a leglényegesebb fejleményeknek a nemzetközi „űrjogi” eszközök és a követendő, de nem kötelező érvényű ajánlásokat tartalmazó útmutatók elfogadását tekinthetjük.

- A Világűr Egyezmény az alapelvek szintjén már utalt arra, hogy az űr kutatása és használata során elkerülendő a világűr és más égitestek szennyezése [OST, 1967³⁶⁸]. Ezt 1979-ben követte a megállapodás a Holdon és más égitesteken folytatott tevékenységekről, amely általánosságban ugyancsak rendelkezett bizonyos anyagok ottani környezetbe való

³⁶³ „certain regions of low Earth orbit are already unstable. Most of the larger debris generated in these regions will be confined to the unstable regions. This is one of reasons they are unstable. However, smaller debris will be ejected to greater distances than large debris, and these unstable regions will act as an increasing source of small debris in all of low Earth orbit for centuries.” (1265. o.)

³⁶⁴ International Astronautical Federation (IAF); ICSU/ISC Committee on Space Research (COSPAR); International Academy of Astronautics (IAA); International Institute of Space Law (IISL)

³⁶⁵ United Nations Office for Outer Space Affairs (UNOOSA), United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space (UNCOPUOS)

³⁶⁶ International Telecommunication Union (ITU): Extraordinary Administrative Conference (on space radiocommunications), 1963

³⁶⁷ Inter-Agency Space Debris Coordination Committee (IADC); IAA: Space Debris Committee (SDC); COSPAR: Panel on Potentially Environmentally Detrimental Activities in Space (PEDAS); IAF: Committee on Space Security (CSS)

³⁶⁸ Article IX: „States Parties to the Treaty shall pursue studies of outer space, including the Moon and other celestial bodies, and conduct exploration of them so as to avoid their harmful contamination”

juttatásának elkerüléséről és az ebből eredő káros környezetszennyezés megelőzéséről [Moon, 1979³⁶⁹].

- A Világűr Egyezmény széles körű támogatást kapott az űrkutatásban érdekelt államok részéről, de ugyanez nem mondható el a Hold-egyezményről, amelyikhez egyik „űrnagyhatalom” sem csatlakozott. Both Előd ennek okait főként a „távoli” erőforrások majdani kisajátításának lehetőségével azonosította és a Világűr Bizottság egyik albizottságának elnökeként hangot is adott az ezt helytelenítő véleményének [Both, 2016].
- E két jogi eszközön túlmenően említendő az egyezmény az űrobjektumok által esetlegesen okozott károkról, az azokért viselt felelősségről, ami értelemszerűen az űrhulladékok miatti károokra is érvényes [SLC, 1971].

Globális ajánlások, irányelvek léteznek csupán kifejezetten az űrhulladék keletkezésének megelőzésére, csökkentésére, vagyis e célok elérésére nincsenek kötelezően betartandó előírások.

- A szervezetközi bizottság először 2002-ben dolgozott ki ilyen ajánlásokat, amelyeket azóta többször kiegészítettek [IADC, 2019]; az eredeti ajánlások alapján születtek meg 2007-re a Világűr Bizottság első, majd pontosított irányelvei [UNCOPUOS, 2010]. Ez utóbbiak célkitűzése az is, hogy a műholdak fellövése, működése során megelőzhető vagy minimalizálható legyen az űrhulladék-keletkezés, elkerülhetők legyenek – az esetenként rengeteg űrtörmeléket okozó – műholdas összeütközések, küldetésük végeztével pedig az űreszközöket távolítsák el a földközeli és a geostacionárius pályákról (hiszen akkor már hulladéknak számítanak).³⁷⁰
- Az űrtevékenység fenntarthatósági követelményeiből kiindulva az addigi ajánlásokon túlmenően olyan eljárások kidolgozását szorgalmazzák, amelyekkel legalább hosszabbtávon kezelhetők az űrhulladékok által okozott és egyre nagyobb kockázatok [UNCOPUOS, 2019³⁷¹].
- Említésre méltó, hogy saját hatáskörében űrhulladék-szabályzatot tett szintén közzé az ITU és az ESA, továbbá nemzeti előírásokat is alkalmaz a legtöbb „űrhajózó” állam.

Az űrhulladék mennyisége növekszik annak ellenére, hogy már a tervezés során számításba veszik a műholdak működési biztonságához és elvárt élettartamához szükséges követelményeket, továbbá a műholdak és a hordozórakéták használatot követő sorsát. Az eddigi nemzetközi megállapodások és ajánlások tehát nem látszanak elégségesnek az űrhulladék-probléma mérséklésére.

³⁶⁹ Article 7: „1. In exploring and using the Moon, States Parties shall take measures to prevent the disruption of the existing balance of its environment, whether by introducing adverse changes in that environment, by its harmful contamination through the introduction of extra-environmental matter or otherwise.” Article 1: „1. The provisions of this Agreement relating to the Moon shall also apply to other celestial bodies within the solar system”

³⁷⁰ (1) Limit debris released during normal operations. (2) Minimize the potential for break-ups [...] (3) Limit the probability of accidental collision in orbit. (6) Limit the long-term presence of spacecraft and launch vehicle orbital stages in the low-Earth orbit (LEO) region after the end of their mission. (7) Limit the long-term interference of spacecraft and launch vehicle orbital stages with the geosynchronous Earth orbit (GEO) region after the end of their mission.

³⁷¹ (D.2.) „Investigate and consider new measures to manage the space debris population in the long term. [...] 3. Investigation of new measures could include, inter alia, methods for the extension of operational lifetime, novel techniques to prevent collision with and among debris and objects with no means of changing their trajectory, advanced measures for spacecraft passivation and post-mission disposal and designs to enhance the disintegration of space systems during uncontrolled atmospheric re-entry.”

- Tervek, elképzelések láttak napvilágot e hulladékmennyiség utólagos csökkentésére (pl. a „begyűjtésére” és azt követő felszámolására), de gazdaságossági és tulajdonjogi okok miatt sincs még komolyabb előrelépés e területen [Singh, 2020³⁷²]. A legsürgősebb lenne a két védett pályáról (LEO, GEO) a feleslegessé vált objektumok eltávolítása összhangban a nemzetközi irányelvekkel.
- Ezek szerint „küldetése befejezése” után legkésőbb 25 évvel egy műholdnak már nem szabadna a védett földközeli pályán maradnia, és legalább 90%-os arányban „ártalmatlanítani” kellene azokat az egyéb űrhulladékokkal együtt [IADC, 2019], máskülönben annyira telítődhet e térség, hogy túlzottan megnőne az összeütközések kockázata. A távoli űrpálya (GEO) esetében pedig a már használaton kívüli műholdaknak legalább száz évre „távozniuk” kellene onnan, és bár e téren vannak kedvező jelek, de összességében az űrkorszak 1957. évi kezdete óta a Föld körüli működő és nem működő mesterséges objektumok száma megállás nélkül emelkedik [ESA, 2019³⁷³].

* * *

Az űrhulladék problémája is globális jelentőségű lett, és határozottabb, nemzetközileg egyeztetett intézkedéseket tenne szükségessé. Indokolt lenne a Világűr Egyezményhez kapcsolódóan vagy ahhoz hasonlóan kötelező érvényű nemzetközi szabályozásba foglalni az űrhulladék-képződés megelőzését, illetve csökkentését célzó előírásokat, feltéve, hogy azokat minden fél elfogadja és be is tartja majd.

2.5. ÁTFOGÓ GLOBÁLIS PROGRAMOK

A környezetszennyező anyagok, hulladékok mennyiségének, környezeti kibocsátásának és hatásainak korlátozását célzó, egy-egy területre – például az állékony szerves vegyületekre, a veszélyes hulladékok nemzetközi szállítására – szorítókozó megállapodások és más szakpolitikai eszközök mellett e tág témakört magában foglaló átfogó programok is készültek. Ezek sorába tartozik a fenntartható fejlődési, a fenntartható fogyasztási és termelési, a többféle „zöld” gazdaságfejlesztési és a fenntartható vegyianyag-kezelési program (SAICM). Ez utóbbira az alábbiakban nem térünk ki, mert a 2006-ban elfogadott és 2020-as céldátumokat tartalmazó stratégiai keretére és cselekvési tervére a fentiekben már többször hivatkoztunk; ezek megújítása folyamatban van e sorok írásakor, aminek szakmai-tudományos megalapozása érdekében létrejön egy új nemzetközi testület is (amelyre már hivatkoztunk az előző fejezetben³⁷⁴).

2.5.1. A fenntartható fejlődés és a „fenntartható” vegyianyag- és hulladékgazdálkodás

A fenntartható fejlődési programok szerves részei lettek a környezetszennyező anyagokra, ezek sorában a veszélyes vegyi anyagokra, hulladékokra is kitéző célok és teendők. E globális

³⁷² „Various space removal methods have been suggested by many researchers. However, not a single space junk has been eliminated till date from space only because of the complication and high cost of the mission.” (233. o.)

³⁷³ „The amount of objects, their combined mass, and their combined area has been steadily rising since the beginning of the space age, leading to the appearance of involuntary collisions between operational payloads and space debris.” (77. o.)

³⁷⁴ Science-Policy Panel (SPP)

programalkotásnak néhány évtizedes története van. Az 1989. évi ENSZ-határozatok³⁷⁵ alapján megkezdett egyeztetések eredményeképpen 1992-ben jóváhagyott világprogram külön fejezetekben részletezte e feladatokat, majd az ENSZ-tagállamok 2015-ben határoztak meg e területre is konkrét közös célokat.

A „Feladatok a 21. századra” c. világprogram szerint a „fenntartható” erőforrás-, vegyianyag- és hulladékgazdálkodás, a toxikus vegyi anyagokkal és a veszélyes hulladékokkal kapcsolatos egészség- és környezetkárosítás megelőzése, e problémák „eredendő” okainak kezelése, továbbá a tisztább technológiákra való áttérés nélkül nem lehet megvalósítani a fenntartható fejlődést [UN, 1992³⁷⁶].

- A program négy külön fejezetét szentelték a környezetterhelési témáknak, amelyekben célkitűzéseket és feladatokat is meghatároztak a toxikus vegyi anyagokra, a veszélyes és szilárd hulladékokra, a szennyvízre, valamint a radioaktív hulladékokra (19., 20., 21., 22. fejezetek).
- Konkrét határidőkhöz kötött célokról is sikerült egyezsége jutni. Előírták, hogy 2000-re készüljön a legkritikusabb vegyi anyagokra nemzetközi kockázatbecslés; jöjjenek létre hulladékminimalizálási programok; a fejlett országokban a lerakókba kerülő hulladék mennyisége már ne emelkedjen és erre törekedjenek a fejlődő országok is; 2025-ig mindenütt a szennyvizet, a hulladékvizet és a szilárd hulladékot már a környezetminőségi irányelveknek megfelelően ártalmatlanítsák. A veszélyes hulladékok esetében ez utóbbi követelményt kiegészítették a megelőzés, az önellátás és a közelség alapelveinek betartását szorgalmazó hivatkozásokkal.

A célkitűzések megerősítése. A fejlett országok többségében és a fejlődő országok egy részében is mutatkozott előrehaladás a környezetszennyezés mérséklése, a „fenntartható” vegyianyag- és hulladékgazdálkodás terén, de ez alig volt kimutatható globális szinten. Ezért a fenntartható fejlődési fórumokon újra és újra felelevenítették a korábban elhatározott célkitűzéseket.

- Az ígéretek ellenére tehát a nemzetközi közösség messze elmaradt a legtöbb cél teljesítésétől, globális szinten a környezetszennyező anyagok kibocsátása, a hulladékmennyiség tovább növekedett. Emiatt újra megerősítették az 1992-ben kitűzött célokat és az elkötelezettséget

³⁷⁵ UN Resolution No. 44/228, 1989: The General Assembly „12. Affirms that [...] the following environmental issues [...] are among those of major concern in maintaining the quality of the Earth's environment and especially in achieving environmentally sound and sustainable development in all countries: [...] (g) Environmentally sound management of wastes, particularly hazardous wastes, and of toxic chemicals, as well as prevention of illegal international traffic in toxic and dangerous products and wastes”. UN Resolution No. 44/229, 1989: The General Assembly „Recognizing that the United Nations Conference on Environment and Development, to be held in 1992, is a unique opportunity for all nations to address environmental and development issues in an integrated manner and to mobilize their political will to solve environmental problems through international co-operation”

³⁷⁶ 4.15: „Achieving the goals of environmental quality and sustainable development will require efficiency in production and changes in consumption patterns in order to emphasize optimization of resource use and minimization of waste.” 19.44: „Establishment of pollution prevention procedures and setting standards for chemicals in each environmental medium [...]. Such approaches could encompass both regulatory and non-regulatory measures, such as promotion of the use of cleaner products and technologies, pollution prevention procedures and programmes”. 21.4. „Environmentally sound waste management must go beyond the mere safe disposal or recovery of wastes that are generated and seek to address the root cause of the problem by attempting to change unsustainable patterns of production and consumption.”

azok megvalósítására: ez történt 5 évvel, 10 évvel és 20 évvel az 1992. évi világkonferencia után [UN, 1997; UN, 2002³⁷⁷; UN, 2012³⁷⁸].

- A 2015-ben véglegesített újabb fenntartható fejlődési programban is szerepelt a korábban kitűzött általános cél megismétlése, miszerint 2020-ig el kell érni a vegyi anyagok és hulladékaik környezetileg megfelelő kezelését, emellett az, hogy 2030-ig általában a hulladékképződés lényegesen, a kezeletlen hulladékvíz aránya pedig a felére csökkenjen [UN, 2015³⁷⁹].

2.5.2. A termelésből és a fogyasztásból származó környezetterhelés

A környezetszennyező anyagok, hulladékok forrásai a különböző termelési és fogyasztási tevékenységek, amelyek nagy ütemben bővültek, sokfélévé váltak a múlt század közepétől, és szintén nőtt a használaton kívül került eszközök, termékek, anyagmaradványok mennyisége és változatossága. Az ebben az értelemben sem fenntartható termelési eljárások és fogyasztási szokások elemzésével, káros hatásainak vizsgálatával, megváltoztatásuk lehetséges módjaival különböző tudományágak – környezettudomány, környezetgazdaságtan, szociológia – képviselői hosszú ideje foglalkoznak. A kutatók együttműködése az 1990-es évektől intézményesült és közös értékelő jelentések is készültek [UNEP/GEO, 1997³⁸⁰; SEI, 1998³⁸¹; IRP, 2010; UNEP/GWMO, 2015].³⁸² Ezek alapozták meg a szakpolitikai célokat, ajánlásokat, amelyekre „fenntartható fogyasztás és termelés” címszó alatt találhatók hivatkozások a 2002., 2012. és 2015. évi világtalálkozókat záródokumentumaiban.

A „nem fenntartható termelés és fogyasztás” megváltoztatásának általános követelményeiről és cselekvési irányairól 2012-ben sikerült egyetértésre jutni.

- A 2002. évi világtalálkozón bár napirenden volt ez a téma, de akkor annak ellenére sem körvonalazódott erről egy önálló nemzetközi program, hogy konszenzus volt a fenntartható termelésre és fogyasztásra való áttérés szükségességéről [UN, 2002³⁸³]. Az egyik fő akadályt, mint megannyi más témakörben, az egyes országcsoportok – értelemszerűen elsősorban a

³⁷⁷ 22. „Prevent and minimize waste and maximize reuse, recycling [...] (a) Develop waste management systems, with the highest priority placed on waste prevention and minimization, reuse and recycling, and environmentally sound disposal facilities” 23. „Renew the commitment, as advanced in Agenda 21, to sound management of chemicals throughout their life cycle and of hazardous wastes for sustainable development as well as for the protection of human health and the environment”

³⁷⁸ 213. „We also reaffirm our commitment to an approach for the sound management of chemicals and waste, at all levels, [...] and encourage further progress across countries and regions in order to fill the gaps in the implementation of commitments.”

³⁷⁹ 12.4. „By 2020, achieve the environmentally sound management of chemicals and all wastes throughout their life cycle, in accordance with agreed international frameworks, and significantly reduce their release to air, water and soil in order to minimize their adverse impacts on human health and the environment.” 12.5. „By 2030, substantially reduce waste generation through prevention, reduction, recycling and reuse.”

³⁸⁰ „Cleaner, more resource-efficient production applies not only to industrial production processes, but also to agriculture, fisheries, forestry, transportation, and so on. [...] Cleaner production leads to reductions of resource use and in amounts of waste and emissions generated.” (134-135. o.)

³⁸¹ „Extracting, refining, manufacturing, transporting, and ultimately disposing of materials is a major cause of pollution and waste in industrial societies. [...] In order to stabilize environmental pressure as economies and populations grow, the flow of material into societies must be controlled through designing more durable products, reducing waste streams through reuse of materials, and cleaner production processes.” (17. o.)

³⁸² A hivatkozott időszakban e könyv szerzője tagja volt a SEI Globális Jövőkép Csoportjának (GSG), részt vett az UNEP 1997. évi ülésén, közreműködhetett a Nemzetközi Erőforrás Testület (IRP) 2007. évi budapesti megalakulásában.

³⁸³ „14. Fundamental changes in the way societies produce and consume are indispensable for achieving global sustainable development. All countries should promote sustainable consumption and production patterns [...] 15. Encourage and promote the development of a 10-year framework of programmes in support of regional and national initiatives to accelerate the shift towards sustainable consumption and production.”

fejlettek és a fejlődők – eltérő helyzetének, „megkülönböztetett” felelősségének megítélése jelentette: a természeti erőforrások nem fenntartható felhasználásával, a növekvő környezetszennyezéssel és hulladéktermeléssel kapcsolatban, valamint a mindebből fakadó káros hatások vonatkozásában.

- Végül az újabb világkonferencián fogadták el „A fenntartható fogyasztási és termelési mintákról szóló programok 10-éves kerete” c. dokumentumot azzal a megkötéssel, hogy az ilyen célú és tartalmú nemzeti programok elkészítése és végrehajtása is önkéntes [UN/10YFP, 2012].

A fenntartható termelés és fogyasztás velejárója a környezet szennyezésének és a hulladék képződésének a csökkenése. A politikai kompromisszumok következtében csak az ilyen termelés és fogyasztás leegyszerűsített fogalmáról, víziójáról és legalapvetőbb elemeiről született egyezség.

- Azonban ebből is kitűnt, hogy csak e megközelítés garantálhatja: a fenntartható fejlődés megvalósítását, a társadalmi-gazdasági fejlődésnek az ökológiai rendszerek eltartóképességi határán belül maradását, a veszélyes anyagok használatának, a környezet szennyezésének és a hulladékok képződésének csökkenését a természeti erőforrások fenntartható használatával.³⁸⁴
- A 2015-ben elfogadott fenntartható fejlődési program a célok közé nemcsak felvette e programkeret végrehajtását (10YFP)³⁸⁵, hanem – amint arra hivatkoztunk – néhány pontban konkretizálta is céldátum és célérték megadásával [UN, 2015: 12.2-12.5]. A fenntartható fejlődési célok elérésének támogatására egy kiterjedt nemzetközi hálózat jött létre az UNEP segítségével, amelyben kormányzati és nem kormányzati, ágazati és civil szervezetek is közreműködnek.³⁸⁶

2.5.3. Milyen legyen a gazdaság: zöld és/vagy körforgásos?

A 2007-2009 közötti globális gazdasági recesszióból való kilábalás módját illetően megerősödtek a „zöld gazdaságra”, majd a „körforgásos gazdaságra” való áttérést szorgalmazó elképzelések. Ezek előnyeit újabb és újabb tanulmányokban, szakpolitikai programtervezetekben mutatták be. Ha nem is ezekkel az elnevezésekkel, de az ilyen tartalmú – a természeti erőforrásokkal való gazdálkodásra és a környezetszennyezésre, a hulladékokra is új szemléletű – koncepciók jóval régebbi keltűek, akárcsak azok tudományos megalapozásai. Mindenekelőtt a gazdaság és a környezet közötti anyagáram kiterjesztett modellezése [Victor, 1972³⁸⁷], vagy néhány ökológiai közgazdasági tanulmány említhető [Pearce et al., 1989;

³⁸⁴ (1.b): „accelerate the shift towards sustainable consumption and production in order to promote social and economic development within the carrying capacity of ecosystems by addressing and, where appropriate, decoupling economic growth from environmental degradation by improving efficiency and sustainability in the use of resources and production processes and reducing resource degradation, pollution and waste.” (1.c): The 10-year framework should affirm a common vision that: „(v) Reduces the use of hazardous materials and toxic chemicals and the generation of wastes, such as non-biodegradable materials and the emission of pollutants”

³⁸⁵ (12.1) Implement the 10-year framework of programmes on sustainable consumption and production

³⁸⁶ One Planet Network

³⁸⁷ „traditional approaches are of limited use in analysing the output of wastes received by the environment, they are even less helpful in the study of the flow of inputs from the environment to the economy. What is required is a methodology that explicitly recognizes that the production of economic commodities requires flows of materials both to and from the environment. [...] Some aspects of this rearrangement in the course of economic activity are desirable: the production of goods and services; and some are undesirable: the production of wastes.” (18. o.)

Costanza et al., 1991; Costanza, 1991³⁸⁸; Pearce, 1992]. A változások szükségességére hazai kutatók is rámutattak [Kerekes, 1998; Simai, 2001]. Miközben a tudomány berkeiben folytatódott ezeknek az irányzatoknak a továbbfejlesztése, a korábbi világtalálkozókon (1992, 1997, 2002) nem kapott kellő hangsúlyt az, hogy milyennek kellene lennie a fenntartható fejlődés gazdasági dimenziójának.³⁸⁹

A „zöld gazdasági” fordulat iránti érdeklődés az említett válságot követő időszakban, 2009-től élénkült meg.

- Nemcsak korábban felvetett vagy akár ki is próbált „zöld” megoldások (pl. „zöld adók”), hanem különféle eszközök egész rendszerének alkalmazása járult volna hozzá a környezetterhelés jelentős csökkenését is eredményező gazdasági paradigmaváltáshoz a „zöld gazdaság” megvalósításával [Barbier, 2010; Kiss, 2010].
- A rendszerszintű „zöld átmenet” lehetőségét nemzetközi szinten is felmérték [UNSG, 2010; UNEP, 2011³⁹⁰]. Más intézmények a gazdasági szempontok elsődlegessége mellett álltak ki, és a „zöld növekedést”, azaz a gazdasági növekedés újbóli, bár „zöldebb” felélesztését támogatták, amely koncepciónak hamar napvilágot látott a mélyreható kritikája is [OECD, 2009³⁹¹; WB, 2012³⁹²; Jacobs, 2013³⁹³].
- Az említett előzmények mintegy előrevetítették, hogy a 2012. évi fenntartható fejlődési ENSZ-konferencia központi témája a „zöld gazdaság” legyen. Ennek vitájához a szakértői alapot a már hivatkozott UNEP-elemzés biztosította, amely részletezte az átmenet főbb feladatait és ezek sorában a környezetszennyezést, a hulladékcsökkentést eredményező szakpolitikákat, eszközöket, valamint bemutatta mindezek gazdasági és foglalkoztatási előnyeit [UNEP, 2011]. A konferencia előkészületei során nehezen lehetett egyezsége jutni ismét csak a fejlettek és a fejlődők különböző helyzete, érdekei miatt [Faragó, 2012]. Végül a záródokumentum a „Zöld gazdaság a fenntartható fejlődés és a szegénység felszámolása

³⁸⁸ „Better understanding of ecological systems and how they function and maintain themselves can yield insights into designing and managing sustainable economic systems. For example, there is no 'pollution' in climax ecosystems; all waste and by-products are recycled and used somewhere in the system or harmlessly dissipated. A characteristic of sustainable economic systems should also be a similar 'closing the cycle' by finding economic uses and recycling 'pollution', rather than simply storing it, exporting it, diluting it, or changing its state” (337. o.)

³⁸⁹ A magyar tárgyalódelegáció tagjaként e kötet szerzője részt vett e világtalálkozókon, amelyeken egyes tudományos és civil környezetvédő szervezetek fontosnak tartották volna a globálissá vált környezeti problémák megoldása érdekében is e „gazdasági dimenzió” részletezését, de a hivatalos politikai eszmecsere, tárgyalás szintjén erre nem került sor.

³⁹⁰ „UNEP defines a green economy as one that results in improved human well-being and social equity, while significantly reducing environmental risks and ecological scarcities. [...] In a green economy, growth in income and employment should be driven by public and private investments that reduce carbon emissions and pollution, enhance energy and resource efficiency, and prevent the loss of biodiversity and ecosystem services. [...] The concept of a 'green economy' does not replace sustainable development, but there is now a growing recognition that achieving sustainability rests almost entirely on getting the economy right.” (1. o.)

³⁹¹ „It is important that the measures governments are taking now to address the economic crisis are designed so that they support [...] sustainable long-term, environmentally friendly growth in the future.” (7. o.)

³⁹² „We argue that what is needed is green growth – that is, growth that is efficient in its use of natural resources, clean in that it minimizes pollution and environmental impacts [...]. Greening growth need not entail slower growth and is affordable.” (2., 25. o.)

³⁹³ „As these different forms of the green growth argument have been articulated and debated in the period since 2008, each has found supporters and critics among governments and international institutions, and within the wider academic and policy communities. It is clear that in most countries the dominant economic view remains that the case for green growth is unproven: strong environmental policy continues to be seen largely as a drag on growth rather than a driver of it” (208. o.)

keretében” c. fejezete felsorolta az ilyen gazdaság jellemzőit, beleértve a káros környezeti hatások mérséklését és a hulladékcsökkentést [UN, 2012³⁹⁴].

- E cél- és eszközrendszer számos kritika érte többek között amiatt, hogy az csupán a nem fenntarthatónak tekintett gazdaságfejlesztés, illetve a gazdasági növekedés látszólagos „zöldítését” jelentette. Részben ennek tudható be, hogy az újabb fenntartható fejlődési program már nem hivatkozott a „zöld gazdaságra”, amikor a „fenntartott és fenntartható gazdasági növekedés” főbb követelményeit rögzítette [UN, 2015: 8. cél]. A 2012-ben körvonalazott globális „zöld gazdasági program” kibontása, pontosítása, végrehajtása azonban folytatódik, ennek koordinálása az ENSZ több szakosított szervezetének együttműködésében valósul meg, valamint a program teljesítését új nemzetközi intézmények is segítik (PAGE, GGGI)³⁹⁵.

A „körforgásos gazdaság” modelljének szintén voltak elméleti előzményei, de tevőleges nemzeti és nemzetközi szintű alkalmazása csak az utóbbi években kezdett teret nyerni. E megközelítés céljai, cselekvési irányai és eszközei túlléptek a korábban szűken értelmezett „gazdaságzöldítési” és „zöld gazdasági” koncepciókon, és ezáltal hatékonyabban segíthetik elő úgy a természeti erőforrások fenntartható hasznosítását, mint a környezetszennyezés, a hulladékáram csökkentését.

- Ez az irányzat a minél hatékonyabb hulladék-újrahasznosítást szükségesnek és lehetségesnek tartó felvetésektől fokozatosan jutott el a hulladékmentességre törekvő zárt anyagciklus megfogalmazásáig [Boulding, 1966; Pearce & Turner, 1990³⁹⁶]. A „körforgásos gazdaság” modelljének olyan előzményei is voltak, mint a hulladékminimalizálást előtérbe helyező „ipari ökológia”, a „bölcsőtől bölcsőig” vagy a „teljesítmény gazdaság” elnevezésű elméletek [Ausubel, 1992³⁹⁷; McDonough & Braungart, 2002; Stahel 2006³⁹⁸].
- Megindult e modell gyakorlatba való átültetése is: a Kínai Népköztársaságban egy projekttel 2002-től, majd 2008-ban egy törvénnyel is megtámogatva; Németországban valamivel később, de végül ott is törvényerőre emelve; Franciaországban e hulladékmentességi koncepció bevezetését előmozdító intézet, Magyarországon pedig egy ugyanilyen célú alapítvány révén.³⁹⁹
- A 2012. évi fenntartható fejlődési konferenciára való felkészülés hozzájárult e gazdasági modell támogatásához olyannyira, hogy többen a „körforgásos gazdaság” megvalósításával

³⁹⁴ „60. We acknowledge that green economy in the context of sustainable development and poverty eradication will enhance our ability to manage natural resources sustainably and with lower negative environmental impacts, increase resource efficiency and reduce waste.”

³⁹⁵ Partnership for Action on Green Economy (PAGE) (UNEP, ILO, UNDP, UNIDO, UNITAR); Global Green Growth Institute (GGGI)

³⁹⁶ „Waste arises at each stage of production process. [...] production creates waste in the form of industrial effluent and air pollution and solid waste; final consumers create waste by generating sewage, litter, and municipal refuse. [...] The environment has a capability to take wastes and top convert back into harmless or ecologically useful products. This is the environment’s assimilative capacity. [...] So long as we dispose of waste in quantities (and qualities) that are commensurate with the environment’s assimilative capacity, the circular economic system will function just like a natural system” (35-36., 38-39. o.)

³⁹⁷ „This multiplication of needs means that we need a science and industry for a small planet. Industrial ecology can contribute both understanding and solutions. If the current ratios of emissions, pollution, and waste creation to production and consumption are maintained, the environmental problems are certainly going to become worse.” (880. o.)

³⁹⁸ „Why the shift to selling performance in the Functional Service Economy? [...] its economic actors can profitably exploit sufficiency solutions as well as loss and waste prevention opportunities.” (86. o.)

³⁹⁹ „Circular Economy Promotion Law of the People's Republic of China”; „Circular Economy Act (Kreislaufwirtschaftsgesetz)”; „L’institut de l’économie circulaire”; Körforgásos Gazdaságért Alapítvány (alapító: Kriza Máté)

látták elérhetőnek a sokkal hatékonyabb erőforrás-gazdálkodást és a hulladékprobléma megoldását [Preston, 2012⁴⁰⁰; UNEP, 2011⁴⁰¹; EMF, 2012⁴⁰²]. Ezt követően felgyorsult az elmélet terjedése és továbbfejlesztése a külföldi és a hazai szakirodalomban [d'Amato et al., 2017; Wautelet, 2018; Fogarassy & Horváth, 2018; Pomázi & Szabó, 2018; Rácz, 2018; Nagy et al., 2021⁴⁰³]. A nemzetközi együttműködés is kibővült: az EU keretében a „Zéró hulladék” program és a „Körforgásos gazdasági cselekvési terv” elfogadásával (2014, 2015), egyes ENSZ-intézmények tevékenységének ilyen irányú kiterjesztésével (UNEP, UNIDO, UNCTAD, UNECE) és nemzetközi hálózatok tevékenységével (GACERE, PACE)⁴⁰⁴.

2.6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS TANULSÁGOK

A környezetszennyező anyagokkal, veszélyes hulladékokkal foglalkozó nemzetközi együttműködés: az eddigi megállapodások, programok és a továbblépés szükségessége

„A világ várhatóan 2,59 milliárd tonna/év hulladékot fog termelni 2030-ban [...], 2050-re pedig a hulladéktermelés elérheti a 3,40 milliárd tonnát évente”

Silpa Kaza et al., 2018⁴⁰⁵

A szennyező anyagok problémája „átlépte” az országok határait és az elmúlt évtizedek alatt globálissá vált. Mindenekelőtt a veszélyes hatású szennyező anyagokra, vegyi anyagokra, hulladékokra dolgoztak ki nemzetközi megállapodásokat, emellett az ezekkel kapcsolatos célokat és ajánlásokat belefoglalták környezetpolitikai, fenntarthatósági programokba. A tudományos feltárási és a szakpolitikai együttműködési folyamat fenti részletes áttekintése és értékelése alapján veszünk sorra néhány fontosabbnak tartott következtetést és tanulságot.

Egyes térségekben – a szennyező anyagok kibocsátásának és a hulladékok keletkezésének megelőzésével, az ártalmatlanítással, a hulladékok esetében az újrahasznosítással elérhető előnyök felismerése nyomán – javult az erőforrás- és a hulladékgazdálkodás hatékonysága az ezt célzó szabályozási és szakpolitikai eszközöknek köszönhetően. Összességében azonban, ha változó mértékben és eltérő káros hatásokkal is, de a továbbra is jelentős környezetterhelésből adódó gondok velünk maradtak.

- A szennyező anyagok keletkezése, a hulladékok „termelése” és ezek sokrétű környezeti, illetve a társadalmakra is visszaható következményei mindannyiunk közös problémájává

⁴⁰⁰ „In the run-up to the United Nations Conference on Sustainable Development (Rio+20) in June 2012, there has been a renewed focus on pursuing meaningful action to reduce resource and environmental pressures. [...] Governments in crucial countries have already introduced policies and strategies on resource efficiency – driven by concerns over energy and resource security, but also by escalating problems in managing waste and pollution.” (2., 13. o.)

⁴⁰¹ „1.3 A vision for the waste sector. The long-term vision for the waste sector is to establish a circular global economy in which the use of materials and generation of waste are minimised, any unavoidable waste recycled or remanufactured, and any remaining waste treated in a way that causes least damage to the environment and human health or even creating additional value by recovering energy from waste.” (295. o.)

⁴⁰² „A circular economy [...] replaces the ‘end-of-life’ concept with restoration, shifts towards the use of renewable energy, eliminates the use of toxic chemicals, which impair reuse, and aims for the elimination of waste through the superior design of materials, products, systems, and, within this, business models.” (7. o.)

⁴⁰³ „Az új alapokra épülő körforgásos gazdaságban, szemben a tradicionálisként értelmezett „lineáris” modellel, nem keletkezik hulladék, mivel a mai termékek a későbbiek alapanyagai, aminek következtében egy zárt hurok, azaz egy körforgás jön létre.” (1110. o.)

⁴⁰⁴ Global Alliance on Circular Economy and Resource Efficiency (GACERE); Platform for Accelerating the Circular Economy (PACE)

⁴⁰⁵ Ezek a becslések a települési szilárd hulladékokra vonatkoznak a "szokásos üzletmenet" (BAU) jövőképben. E hulladék mennyisége 2,01 milliárd tonna volt 2016-ban, tehát ha a tendencia nem változna, akkor 2050-re 70%-kal növekedne ez az érték. [Kaza et al., 2018]

váltak. Ennek legnyilvánvalóbb, legszembetűnőbb jelei lettek a szállítóeszközökkel és a természetes szállítóközegekkel – légáramlatokkal, vízfolyásokkal, tengeráramlásokkal – egyes országokból más országok területeire és a nemzeti fennhatóság alá nem tartozó térségekbe eljutó környezetszennyező anyagok.

- A felgyorsult társadalmi-gazdasági folyamatok, így a múlt század közepétől a népességgrobbanás, a fogyasztás és az ipari termelés globális szintű bővülése, az urbanizáció nemcsak a természeti erőforrások, nyersanyagok sokszor pazarló felhasználását, hanem magával hozta a már földi léptékűvé vált környezetkárosítást is.
- A társadalmak környezethasználata azonban az eddigi módon nem folytatható, mert tönkreteszi magát a természeti környezetet egyebek mellett az emberi tevékenységek során a környezetbe kibocsátott mind jelentősebb mennyiségű hulladékkal, szennyező anyaggal, mert ez is világosan mutatja, hogy mennyire kockázatos irányba halad a „fejlődés” [Fischer-Kowalski & Rotmans, 2009⁴⁰⁶; Krausmann, 2018⁴⁰⁷].
- A nemzetközi együttműködés szükségességének elfogadása e témakörben is – ugyanúgy, mint a természeti erőforrások nem fenntartható „túlhasználatának” ügyében – az eltérő helyzetük és a kialakult helyzetért viselt különböző felelősségük mentén állította egymással szembe a fejlett és a fejlődő országokat. Többek között ez történt az 1972. évi stockholmi és a 2012. évi riói világkonferencián, amikor a fejlettek a környezetszennyezés megfékezését, a fejlődők viszont annak érdekében is a mélyszegénység leküzdését és a számukra biztosított támogatások megnövelését tartották elsődlegesnek. 1972-ben Indira Gandhi indiai miniszterelnök tette ezt egyértelművé⁴⁰⁸, a 2012-es konferencia előkészítése során pedig hasonló szellemben a kínai tárgyalódelegáció tolmácsolta a fejlődők álláspontját a „zöld gazdaság” értelmezéséről⁴⁰⁹.
- E kettőség volt és maradt a környezetszennyezést, a hulladékproblémát is érintő fenntarthatósági és fejlesztési programok tartalmi és végrehajtási hatékonyságának egyik alapvető korlátja. Következésképpen, csak az eltérő helyzetek, felelősségek és lehetőségek figyelembevételével lehet esély komolyabb eredmény elérésére e problémakör megoldásában.

A toxikus vegyi anyagok és veszélyes hulladékok hatásainak felismerése nyomán konkrétabb célokat, rendelkezéseket, eszközöket tartalmazó egyezményekről és programokról sikerült megegyezni, beleértve azokat is, amelyek e szennyező anyagok káros hatásaitól óvnak meg a nemzetközi területeket. Azonban a megállapodások és programok végrehajtásának hiányosságai miatt sem került sor globális szinten a káros hatások teljes körű és jelentékeny

⁴⁰⁶ „The presently dominant industrial sociometabolic regime dates back no more than 300 years and is based on the use of fossil fuels. Its sustainability seems limited not only by the limitations of its energy resource base, but also by the transformations it triggers globally in various life sustaining natural systems. [...] So this sociometabolic regime is bound to change as it erodes its natural base.” (6. o.)

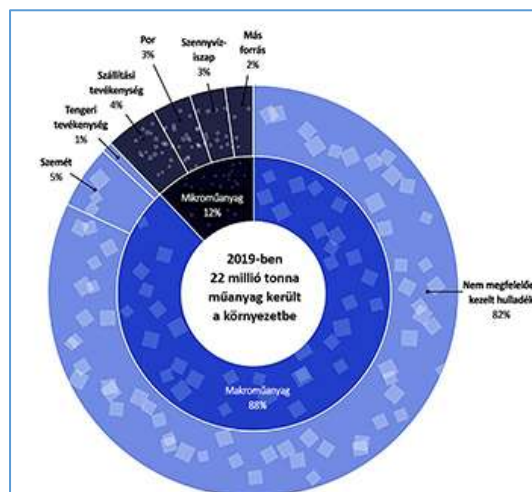
⁴⁰⁷ „Overall, 2470 Gt or 72% of all materials extracted since 1900 have been returned to the environment as waste and emissions.” (136. o.) „During industrialization, humanity has become a geophysical force on a planetary scale. Our data show, how the size of societies metabolism has multiplied since 1900, resulting in a massive draw on material resources from the biosphere and the lithosphere and corresponding outflows of wastes and emissions. We find that biophysical growth has been speeding up significantly since the turn of the 21st century” (139. o.)

⁴⁰⁸ „We do not wish to impoverish the environment any further and yet we cannot for a moment forget the grim poverty of large numbers of people. Are not poverty and need the greatest polluters? [...] The environment cannot be improved in conditions of poverty.”

⁴⁰⁹ „China said they hope Rio+20 will develop green economy in a way that provides preferential treatment for developing countries in terms of market access, technology transfer and intellectual property rights, while not being used to create new barriers to trade.”

mérséklésére. Ezt jelzi az emberi egészségre és a környezetre veszélyes anyagok még mindig nagymértékű kibocsátása, a folytatódó illegális nemzetközi hulladékszállítás, a tengeren és a bolygónk körüli kozmikus térben felhalmozódó hulladék. Hatékonyabb beavatkozások nélkül még tovább is növekedhet világméretben a szennyező anyagok, a hulladékok – köztük a települési szilárd és az ipari hulladékok, valamint az e-hulladékok – miatti környezetterhelés [UNEP/GWMO, 2015⁴¹⁰; Kaza et al., 2018].

- Ezek az egyezmények és programok is csak lényeges kompromisszumok árán jöhettek létre, és végrehajtásuk nehézkesen halad.⁴¹¹ Ez különösen érvényes a veszélyes hulladékok nemzetközi kereskedelmét szabályozó egyezményre [UNEP/GEO, 2020⁴¹²] és a vegyianyag-stratégiára (SAICM), amelynek megújítása 2020 után lett esedékes [UN/GSDR, 2019⁴¹³].
- A műanyagtermelés és elsősorban a műanyag csomagolóanyagok használatának növekedésével gyors ütemben emelkedett a műanyag hulladékok mennyisége is [Tsakona et al., 2021⁴¹⁴]. Ez a mennyiség a 2000-2019 közötti időszakban több mint a kétszeresére nőtt, és ebből többféle módon 22 Mt műanyagszennyezés került ki a természeti környezetbe (3. ábra) [OECD, 2022a: 14. o.]. Ha a jelenlegi termelési és felhasználási folyamatok változatlan ütemben folytatódnak, akkor úgy a 2019-ben 460 Mt-re becsült műanyagmennyiség, mint az abból származó 350 Mt műanyag hulladék mennyisége 2060-ra akár a háromszorosára emelkedhet, az ebből a természeti környezetbe kikerülő 22 Mt szennyezőanyag pedig megduplázódhat [OECD, 2022b: 6. o.]. Emiatt is volt jelentős fordulat, amikor a Bázeli Egyezmény részes felei 2019-ben a veszélyes hulladékok jegyzékébe felvették – bizonyos kivételekkel – ezeket a hulladékokat. Még újabb keletű fejlemény, hogy egyezmény készül általában véve a műanyag hulladékok mennyiségének, az azokból eredő környezetterhelésnek a csökkentésére [UNEP, 2022⁴¹⁵]. Ugyanakkor sem a további



3. ábra A környezetbe kerülő globális műanyagszennyezés (2019-ben 22 millió tonna) legnagyobb részének forrása a nem megfelelően kezelt hulladék volt (82%). [OECD, 2022a]

⁴¹⁰ „The 21st century will witness an enormous increase in both quantity and composition of waste.”

⁴¹¹ Bázeli egyezmény, Stockholmi POP egyezmény, Rotterdami PIC egyezmény, a „higanyos” Minamata egyezmény, a toxikus hulladékokkal is foglalkozó SAICM

⁴¹² „With increasing global demand for resources, the waste market has become a viable economic sector, estimated at US\$ 410 billion a year, from collection to recycling. In a context of increasing costs for the safe disposal of hazardous waste, weak environmental regulations and enforcement, and increasing resource scarcity, this market creates opportunities for waste trafficking and illegal activities.” (90. o.)

⁴¹³ „Both plastics and e-waste can, even when produced and consumed in developed countries, can end up in the landfills or recycling processes in developing countries.” (53. o.); „it is becoming obvious that the 2020 goal will not be achieved. A future policy framework on sound management of chemicals and waste beyond 2020, bringing together all relevant sectors, raising ambitions and strengthening policies are needed.” (134. o.)

⁴¹⁴ „While plastic packaging accounts for a large share of plastic waste, sectors such as fisheries, construction, agriculture, transport and electronics are also significant. Only around 10% of the plastic waste generated to date has been recycled” (62. o.)

⁴¹⁵ *The United Nations Environment Assembly* „1. Requests the Executive Director to convene an intergovernmental negotiating committee, commencing its work during the second half of 2022, with the ambition of completing its work by the end of 2024; [...] 3. *Decides* that the intergovernmental negotiating committee is to develop an international legally binding instrument on plastic pollution, including in the marine environment henceforth referred to as the instrument, which could include both binding and voluntary approaches, based on a comprehensive approach that addresses the full lifecycle of plastic”

keletkezésüket, sem a nemzetközi kereskedelmüket nem lesz egyszerű tevőlegesen mérsékelni [Diggle & Walker, 2022; Comolli, 2021⁴¹⁶].

- A globális „közterületeken”, azaz a nemzeti fennhatóság alá nem tartozó térségekben – a nyílt tengeren, a Déli-sarkvidéken, a világűrben – emelkedő mennyiségű hulladék található. Miközben e folyamat megállítása is néhány egyezmény célkitűzése (MARPOL, Antarktiszi jegyzőkönyv), addig a tengeren, a tengerben, a tengerfenéken felhalmozódott, a hatodik kontinensen „elhagyott” és a Föld körül keringő hulladék felszámolására vagy csökkentésére nem léteznek konkrét célokat tartalmazó nemzetközi jogi eszközök, csupán önkéntesen alkalmazható irányelvek, ajánlások.
- A tengerek szennyezése esetében a műanyagszennyezés a legkiterjedtebb, legsúlyosabb probléma és ennek mértéke 2040-ig akár megháromszorozódhat [Dabrowska et al., 2021⁴¹⁷; UNEP, 2021⁴¹⁸]. A földközeli és a geostacionárius pályákon keringő űrhulladékok pedig komoly ütközési veszélyt jelentenek. Jelenleg e „hulladékos” kockázatok növekszenek a leggyorsabban [NOAA, 2020; ESA, 2021⁴¹⁹], ezért esetükben mielőbb konkrét jogi kötelezettségeket előíró szabályozásra van szükség.
- A helyzetet a „közlegelők tragédiájához” lehet hasonlítani, miszerint a nyílt tengeri és a kozmikus térségeket minden nemzet használhatja, de olyan kötelezettség nélkül, hogy azt ne szennyezze el, illetve felszámolja odakerült vagy ott kibocsátott „saját” hulladékait, szennyező anyagait [Leous & Parry, 2005; Muñoz-Patchen, 2018⁴²⁰].

A fenntartható fejlődés, a fenntartható fogyasztás és termelés, a gazdasági fejlődés jóval kevésbé környezetterhelő irányzatai hozzájárulhatnak azoknak az „eredendő” okoknak, hajtóerőknek a megfékezéséhez, amelyeknek betudhatóan eddig globális szinten nem csökkent a környezetszennyező anyagok, veszélyes hulladékok mennyisége.

- A 2015-ben elfogadott fenntartható fejlődési program kidolgozása során a korábbi világprogramokhoz képest sokkal világosabban rámutattak a globális társadalmi, gazdasági és környezeti folyamatok összefüggéseire, és több területen konkrét célokat tűztek ki, de arra is utalva, hogy mindezek együttesen érhetők el [UN, 2015⁴²¹]. A program végrehajtásával eddig is voltak gondok, de a világjárvány (Covid-19) ezt tovább tetézte, és a 2021. évi ENSZ-jelentés külön kiemelte a környezetbe kerülő műanyagok és az e-hulladékok problémáját [UN/DESA, 2021⁴²²].

⁴¹⁶ „The illicit trade in plastic waste is here to stay. Despite efforts of environmental campaigners and the warnings of scientists, we globally produce an extraordinary amount of rubbish. [...] Besides carrying out an assessment of the illegal activities around the illicit trade in plastic waste, this report underlines great power imbalances between countries that produce the most waste and those that receive it.” (37. o.)

⁴¹⁷ „The conducted analysis shows that plastic debris presently constitutes the greatest and most current threat.” (12. o.)

⁴¹⁸ „The amount of marine litter and plastic pollution has been growing rapidly. Emissions of plastic waste into aquatic ecosystems are projected to nearly triple by 2040 without meaningful action.” (14. o.)

⁴¹⁹ „The results from the evaluation of the scenario indicated that even when spaceflight is completely halted today, the amount of space debris objects in Low Earth Orbit is likely to increase.” (103. o.)

⁴²⁰ „Marine debris is a classic ‘tragedy of the commons’ environmental problem.” (257. o.); „The tragedy of the space commons” (19. o.)

⁴²¹ „The interlinkages and integrated nature of the Sustainable Development Goals are of crucial importance in ensuring that the purpose of the new Agenda is realised.” (2. o.) „13. The challenges and commitments [...] are interrelated and call for integrated solutions.”

⁴²² „A growing global population combined with the unsustainable use of natural resources is having a devastating impact on our planet – propelling climate change, destroying nature and raising pollution levels. [...] Around the world, 1 million plastic drinking bottles are purchased every minute, and 5 trillion single-use plastic bags are thrown away each year. [...] E-waste generation is expected to grow by 0.16 kilograms per capita annually, reaching 9.0 kilograms per capita in 2030 (or 74.4 million metric tons in total).” (50-51. o.)

- A fenntartható fogyasztási és termelési programok 2012-ben jóváhagyott általános nemzetközi keretében foglaltak érvényesülését az ENSZ fenntartható fejlődési fórumának 2021. évi találkozóján értékelték. Eszerint a nem fenntartható tevékenységeket ösztönző jelenlegi fejlődési modellek tovább élezi az olyan planetáris környezeti kríziseket is, mint az éghajlatváltozás, a biodiverzitás csökkenése és a környezetszennyezés; ezek megfékezése érdekében is többet kell tenni a jelzett programkeret végrehajtásáért 2022-től [UN/10YFP, 2021⁴²³]. A „körforgásos gazdasági” modell megvalósításához és környezeti eredményességéhez még nagyobb reményeket fűznek, ideértve a hulladéktermelés felszámolását, de ez elősegítheti a többi fenntartható fejlődési cél teljesítését is [Valverde & Avilés-Palacios, 2021⁴²⁴; Andrade et al., 2021⁴²⁵].

⁴²³ VII. The Way Forward: „86. The Covid-19 pandemic has revealed the weaknesses of current development models [...]. The same development models continue to feed three planetary crisis – climate change, biodiversity loss and pollution – of which the environmental, economic and social costs are unprecedented. The unsustainable consumption and production patterns that underpin these development models are now widely recognized as the root causes of these crises [...] 87. The 10-Year Framework is a constituent element of the 2030 Agenda and key to maintaining its integrity [...]. Efforts to implement Goal 12 should intensify by 2022 and beyond”

⁴²⁴ „Alongside other positive impacts such as preventing deforestation, optimising the water cycle and eliminating waste, among others, there is a positive, direct link between achievement of the Sustainable Development Goals and implementation of circular economy.” (11. o.)

⁴²⁵ „waste in an CE should be called resource that can be used by other production or consumption processes [...]. CE has mainly been implemented from an industrial economy perspective, targeting better use of resources at the time of production and better waste management. [...] Rather, the CE should aim for sustainability.” (21. o.)

3. KIKEZDETT ÓZONPAJZSUNK: A SZTRATOSZFÉRAIG ELÉRŐ KOCKÁZATOS HATÁSAINK

„[A] sztratoszférikus ózon mérsékelt csökkenése is a bőrrákos esetek átlagos gyakoriságának növekedését vonná maga után.”

James McDonald, 1971⁴²⁶

„[A]z ózonréteg károsítása veszélyeztetheti az emberi élet folytatását a bolygón.”

Maurice Strong, 1973⁴²⁷

„A légköri ózonmennyiség 2056-ig – a súlyozott becslések alapján 95%-os megbízhatósági intervallummal a 2052-2060 közötti időszakban – térhet vissza az 1980-as szintekre.”

Amos, M. et al., 2020⁴²⁸

- 3.1. Az ózonréteg jelentőségének és veszélyeztetésének felfedezése
 - 3.1.1. Ózon a laboratóriumban és a légkörben: kísérletek és hipotézisek
 - 3.1.2. A légköri ózon rendszeres mérése
 - 3.1.3. A magaslégköri ózonmennyiség változása: az emberi eredetű okok feltárása
- 3.2. Meg kellene menteni az ózonpajzsot?
 - 3.2.1. A lehetségestől a bizonyossáig: az együttműködés kibontakozása
 - 3.2.2. Elegendő indok az elővigyázatosságra?
 - 3.2.3. A nagy fordulat: az „ózonlyuk” felfedezése
- 3.3. Az ózonkárosításnak véget kell vetni: a nemzetközi jogi eszközök
 - 3.3.1. Az ózonrétegre veszélyes és veszélytelen anyagok
 - 3.3.2. Az ózonkárosító anyagok fokozatos kiváltása: tudomány, technológia, politika
 - 3.3.3. A globális „ózonprobléma” megoldása és áterhelése
- 3.4. Az együttműködés hatékonysága: megmenekül az ózonréteg?
- 3.5. Következtetések és tanulságok

A napsugárzás ultraibolya összetevője az élővilág számára ártalmas, a magaslégköri ózonpajzs azonban jórészt kiszűri e sugárzást. A múlt század első felében olyan vegyi anyagokat kezdtek előállítani, amelyek hasznosak lettek ipari alkalmazásokban és a mindennapi életben, aminek köszönhetően termelésük bővült, alkalmazásuk világszerte gyorsan növekedett. Néhány évtizeddel később derült ki, hogy a sztratoszférába feljutva ezek az anyagok elbontják az ózonmolekulákat, ezáltal csökkentve azok koncentrációját. Az ózonréteg károsításának és veszélyes következményeinek feltárásáért sokat tettek a tudomány képviselői, de nehéz feladatnak bizonyult annak elérése, hogy döntések szülessenek a megfelelő nemzetközi intézkedésekről. Az ózonréteg további veszélyeztetésének elhárítását célzó – e vonatkozásban a társadalmak közös felelősségének és kölcsönös függőségének megértése révén kialakult és

⁴²⁶ James McDonald értékelése az ózonréteg veszélyeztetésének lehetséges következményeiről az USA szenátusi bizottsága részére [McDonald, 1971: 7255. o.]

⁴²⁷ Maurice Strong beszéde az ENSZ Környezeti Program (UNEP) Kormányzó Tanácsának első ülészakán [Strong, 1973; Andersen & Sarma, 2002: 373. o.]

⁴²⁸ E kutatócsoport által alkalmazott modellezési eljárással azt vizsgálták, hogy az Antarktisz fellett az átlagos teljes légköri ózonmennyiség mikorra „gyógyulhat be”, azaz érheti el újra a korábbi átlagos szintjét – többek között feltételezve a vonatkozó nemzetközi előírások teljes körű végrehajtását. [Amos et al., 2020: 9961. o.] Más becslések szerint ennél akár egy évtizeddel is tovább tarthat e folyamat különösen amiatt, hogy a nemzetközi kötelezettségvállalások ellenére 2010 után „illegális” légköri freonkibocsátások történtek [Dhomse, 2019].

ebben a fejezetben áttekintett, értékelt – együttműködés példaértékű lehet az emberi tevékenységek által akaratlanul okozott más globális problémák megoldásában is.

3.1. AZ ÓZONRÉTEG JELENTŐSÉGÉNEK ÉS VESZÉLYEZTETÉSÉNEK FELFEDEZÉSE

3.1.1. Ózon a laboratóriumban és a légkörben: kísérletek és hipotézisek

Az ózonnal, az ózonréteggel, az utóbbinak a természeti környezet és az emberi egészség számára létfontosságú szerepével kapcsolatos vizsgálatok hosszú története – ezen belül az ózon felfedezésétől a Napból érkező ultraibolya sugárzás kiszűrésében e légköri nyomgáz szerepének kiderítéséig tartó egy évszázadnyi időszaké – önmagában véve is a természettudomány fejlődésének egy különösen érdekes és tanulságos esete.

Az „elektromosság illata” és az ozein/ózon. Az ózont először az elektromossággal való kísérletezés során keletkezett, a levegőben terjedő, különös szagként azonosították.

- Valamilyen halványkék és az „elektromosság illatának” (kellemetlensége miatt inkább „szagának”) titulált gázt észlelt Martinus van Marum az 1780-as években végzett kísérletei során, amikor működésbe hozott egy elektrosztatikus generátort [Andrews, 1874⁴²⁹]. Ugyanezt érzékelte Christian F. Schönbein több évtizeddel később, amikor a víz elektrolízisével foglalkozott és e gázt a görög „ozein” (szagolni) szó nyomán ózonnak nevezte el [Schönbein, 1839⁴³⁰].
- Többféle elképzelés született arról, hogy ez a gáz milyen vegyület és hány atomos molekulájú lehet, míg végül Thomas Andrews körültekintő módon levezette, hogy az ózon az oxigén egy változata (allotróp módosulata) [Andrews, 1856⁴³¹].
- Nyolc évtizeddel Marum felfedezése után Jean-Louis Soret tette egyértelművé, hogy az ózon valójában egy háromatomos oxigénmolekula [Soret, 1867⁴³²]. Az is tisztázódott, hogy az ózon nemcsak laboratóriumi körülmények között előállított módon létezik, hanem megtalálható a légkörben, és ezután vette kezdetét a légköri mennyiségének rendszeres mérése [Houzeau, 1872].

A magaslégköri ózonréteg és az ultraibolya sugárzás. Újabb évtizedekig tartott, amíg kiderült, hogy a légköri ózon jórészt a sztratoszférában van, és egyfajta pajzsként akadályozza a Napból érkező, az élővilág számára veszélyes ultraibolya sugárzás továbbhaladását a földfelszín felé.

- Az 1880-as évektől a kutatók érdeklődése az ózon sugárzáselnyelési és -átbocsátási tulajdonságai felé fordult, aminek a tanulmányozását a spektroszkópok megjelenése tette lehetővé. A magaslégköri ózon felfedezésében, szerepének tanulmányozásában mérföldkő volt, amikor Walter Noel Hartley – kiindulva mások megállapításaiból – közzétette saját eredményeit [Hartley, 1881]. Lényegesebb következtetései ezek voltak: az ózon a magasabb légkör normális összetevője, ahol nagyobb arányban van jelen, mint a felszín közelében; az

⁴²⁹ „Towards the end of the last century, Van Marum, while experimenting with his powerful electrical machine, observed that oxygen gas through which electrical sparks had been passed acquired a peculiar odour” (347. o.)

⁴³⁰ „bei der Electrolyse des Wassers an der positiven Electrode ein Geruch entwickelt wird, auffallend ähnlich demjenigen, den man beim Ausströmen gewöhnlicher Electricität aus Spitzen wahrnimmt.”

⁴³¹ „ozone, from whatever source derived, is one and the same body, having identical properties and the same constitution, and is not a compound body, but oxygen in an altered or allotropic condition.” (13. o.)

⁴³² „Ces faits conduisent à supposer que l’ozone et l’oxygène diffèrent par le nombre d’atomes qui sont groupés pour former les molécules. L’une des hypothèses les plus simples, à cet égard, est celle que j’ai indiquée précédemment et dans laquelle on considère la molécule d’oxygène ordinaire comme formée de deux atomes, 00, et la molécule d’ozone comme formée de trois atomes 00,0.” (5. o.)

ózon miatt „korlátozott a napsugárzás spektruma az ultraibolya tartományban”, azaz alig vagy kevéssé jut el a felszínig ez a Napból érkező rövidhullámú sugárzás, és emiatt kék árnyalatú a légkör.⁴³³

- E következtetéseket megerősítve Charles Fabry és Henri Buisson kimutatta, hogy valóban a magas légköri régióban található az az ózonréteg, amely elnyeli az ultraibolya sugárzás jelentős részét [Fabry & Buisson, 1913⁴³⁴]. Később azt is kimérték, hogy „standard” légköri körülmények között⁴³⁵ a teljes ózontartalom – egy függőleges légoszlopban található ózon összes mennyisége – a földfelszínen csupán egy 3 milliméteres vastagságú réteg lenne. A tudományos szakirodalomban leggyakrabban Fabry-ra hivatkoznak akként, mint aki felfedezte az ózonréteget.

Az ózon magaslégköri „életciklusa”. Ugyancsak a múlt század első évtizedeiben folytatott vizsgálatokkal sikerült kideríteni, hogy milyen módon, milyen természeti folyamatoknak köszönhetően újulhat meg folyamatosan az ózonréteg, ezáltal szüntelenül korlátozva az „ibolyán túli” hullámhosszú napsugárzás továbbhaladását.

- Annak valószínűsítése, hogy az ózon keletkezése fotókémiai folyamat eredménye, Phillip Lenard nevéhez fűződik. Laboratóriumi körülmények között mutatta ki, hogy ultraibolya fény hatására ózon keletkezett az oxigénből [Lenard, 1900⁴³⁶]. Harminc évvel később Sydney Chapman közzétette, hogy – több egyszerűsítő feltételezéssel – milyen módon mehet végbe a 40 km körüli magasságban található tíz kilométeres légrétegben a kétirányú, azaz oxigén-ózon és ózon-oxigén átalakulás és azt, hogy e kettős ózonkeletkezési és -bomlási folyamat kiegyenlíti egymást (leszámítva az éven belüli és a napi változékonyságot) [Chapman, 1930⁴³⁷].
- Az azóta is elismerten egyszerű, könnyen értelmezhető mivolta mellett a „Chapman mechanizmus” a sztratoszférikus ózonmennyiség túlbecslését eredményezte a mért adatokhoz képest. Emiatt merült fel, hogy az ózonmolekulák elbontása más módon is megtörténik, mármint a légkörben található vízgőz közrehatásával [Bates & Nicolet, 1950⁴³⁸]. A magaslégköri ózonmennyiség korrekt becslését így sem sikerült megoldani, de e felvetés hozzájárult ahhoz, hogy az ózonmolekulák elbontásában résztvevő más anyagokat (katalizátorokat) is keressenek.

⁴³³ „The foregoing experiments and considerations have led me to the following conclusions: 1st. That ozone is a normal constituent of the higher atmosphere. 2nd. That it is in larger proportion there than near the earth's surface. 3rd. That the quantity of atmospheric ozone is quite sufficient to account for the limitation of the solar spectrum in the ultra-violet region, without taking into account the possible absorption caused by the great thickness of oxygen and nitrogen. 4th. That the blue tint of the atmosphere is due to ozone.” (127-128. o.)

⁴³⁴ „La limitation du spectre solaire, un peu au-dessous de la longueur d'onde 3000, certainement due à l'absorption atmosphérique, a été attribuée à la présence de l'ozone dans l'atmosphère. Cette hypothèse, d'abord émise par Hartley, n'est appuyée que sur l'existence d'une forte bande d'absorption de l'ozone dans l'ultra-violet.” (196. o.) „L'hypothèse la plus probable est que l'ozone existe seulement dans la très haute atmosphère, où il serait produit par la partie extrême du rayonnement ultra-violet solaire, qui, étant fortement absorbé par l'oxygène, ne peut agir que sur les couches les plus élevées de l'atmosphère.” (206. o.)

⁴³⁵ 0°C léghőmérsékleten, 1 atm légnyomáson

⁴³⁶ „Die Kathodenstrahlen waren ein erstes Beispiel einer Strahlung, welche die sie verschluckende Luft in einen eigentümlichen Zustand versetzt, dem ähnlich, welchen elektrostatische Kräfte in ihr hervorbringen können. Die Luft wird elektrisch leitend, ihr Sauerstoff wird teilweise zu Ozon und es bilden sich Kerne der Dampfcondensation in ihr.” (486. o.)

⁴³⁷ „The ozone is supposed formed and decomposed in the 10 km layer; formation is attributed ultimately to dissociation of O₂ by ultra-violet radiation (1300-1800 Å); the ozone is supposed decomposed by longer-wave radiation (2300-2900 Å) [...] In so far as dissociation (O₃ = O + O₂) and re-formation (O + O₂ = O₃) balance one another, they have no ultimate effect on the amount of ozone” (125. o.)

⁴³⁸ A vízmolekulából fotolízissal keletkező hidrogénszármazékok (H, OH, HO₂ hidrogénygyökök) segítik elő, katalizálják az ózonmolekulák felbomlását.

- Paul J. Crutzen vetette fel 1969-ban, majd vezette le az ózombontás fotokémiai folyamatában a sztratoszférába felkerülő nitrogénvegyület hatását [Crutzen, 1969⁴³⁹, 1970⁴⁴⁰]. Erre utalt Mészáros Ernő is: „Az alapvető változás az elméletben akkor következett be, amikor Crutzen (1970, 1971) javasolta, hogy az ózombomlást nitrogén-monoxid indítja el [...]. Természetes körülmények között a sztratoszférikus NO a talajeredetű [...] dinitrogén-oxidból származik.” [Mészáros, 1997: 40. o.]

3.1.2. A légköri ózon rendszeres mérése

A mérések több mint száz esztendővel ezelőtt kezdődtek először néhány európai helyszínen⁴⁴¹, majd egy nemzetközi hálózat keretében folytatódtak. Spektrométerrel a függőleges légoszlopban lévő teljes ózommennyiséget mérték. Később váltak lehetővé a felsőbb légköri mérések ballonok, majd műholdak segítségével: ezek által lett pontosabban kimutatható a magasság függvényében az ózon koncentrációja, túlnyomó részének (mintegy 90 százalékanak) a sztratoszférában való elhelyezkedése és feltérképezhető a földrajzi szélességek mentén a légköri ózon eloszlása. Ez utóbbi ismeretekre és a magaslégköri áramlási adatokra is támaszkodva lett még világosabb az, hogy miért számottevően magasabb a teljes ózontartalom a sarkvidékek térségében, miközben az ózon döntően a trópusok felett keletkezik a napsugárzás hatására.

A rendszeres légköri ózommérések elindítása Gordon Dobson érdeme volt, aki erre a célra előbb egy spektrográfot, majd egy viszonylag egyszerű spektrométert (spektrofotométert) fejlesztett ki. Ennek tökéletesített változatát hosszú évtizedeken át használták sokfelé a világban. Tevékenységének elismerését jelzi, hogy a légköri teljes ózontartalmat Dobson egységekben (DU) adják meg: a fentebb említett „fiktív” földfelszíni átlagosan 3 milliméteres vastagságú mennyiség felel meg 300 DU-nak.

- Az először Oxfordban 1924-1925-ben folytatott megfigyelések elemzésével Dobson fontos következtetésekre jutott az ózonréteget, mindenekelőtt a magasságának 40-50 km közötti hozzávetőleges becslését illetően [Dobson, 1926⁴⁴²], amit pár évvel később 22 km körültre korrigált a svájci Arosában végzett mérések pontosabb adatai alapján [Dobson, 1968⁴⁴³].

⁴³⁹ „In view of the results of this study it is conceivable that at least part of the solution of the problem of the ozone distribution might be given by the introduction of photochemical processes other than those treated here. The influence of nitrogen compounds on the photochemistry of the ozone layer should be investigated. In the first place observations on the concentrations of such gases in the stratosphere are needed.” (385. o.)

⁴⁴⁰ „Bates/Hays (1967) have indicated that N₂O, possibly produced by microbiological action in the soil and diffusing upwards through the troposphere, may partly be converted to ‘odd nitrogen’ (NO and NO₂) by a photodissociation process in the stratosphere. As will be shown in this paper, on this hypothesis the NO and NO₂ concentrations have a direct controlling effect on the ozone distributions in a large part of the stratosphere, and consequently on the atmospheric ozone production rates.” (302. o.)

⁴⁴¹ Schönbein közép-európai ózommérő hálózata 1850 után pár évtizeden át működött; ekkor néhány éven keresztül Szegeden és Sopronban is folytattak ilyen méréseket.

⁴⁴² „It has been shown that oxygen is transformed into ozone by wave-lengths in the oxygen absorption band (<1800 Å), and that ozone is decomposed again by (at least some of) the wave-lengths which it absorbs. If the ozone be formed by the action of ultra-violet light, there will probably be a region at about 40 to 50 km, where the concentration of ozone will be governed by the equilibrium between the rate of formation by the shorter wave-lengths and the rate of decomposition by the longer wave-lengths.” (692. o.)

⁴⁴³ „The chief result of these measurements at Arosa was to show with certainty that the average height of the ozone in the atmosphere was about 22 km and not about 40-50 km as had been thought before. They also gave a fair idea of the vertical distribution, showing that the main changes took place at heights between 10 km and 25 km. This made it much easier to understand why changes in the total amount of ozone should be so closely correlated with conditions in the upper troposphere and lower stratosphere.” (396-397. o.)

- Egy nemzetközi mérőhálózat kiépítését 1928-tól maga Dobson szervezte, majd több régióra való kiterjesztését az 1948-ban megalakult Nemzetközi Ózon Bizottság (IO₃C) szorgalmazta; ennek első elnöke Dobson volt. Eredetileg a Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Szövetség (IUGG)⁴⁴⁴ hozott létre egy Ózon Albizottságot 1930-ban és ennek mintegy az utódja lett az említett bizottság [Munn, 1977⁴⁴⁵]. Az 1957/1958-ban megszervezett Nemzetközi Geofizikai Év (IGY) programjába is jól illeszkedett e témakör és akkor kezdte meg működését a Globális Ózon Megfigyelő Rendszer (GO₃OS).⁴⁴⁶
- Az állomáshálózat bővült, a teljes ózontartalom felszínről végzett mérései kiegészültek ballonos, majd műholdas mérésekkel. Amikor felmerült, hogy a Dobson-féle műszerrel („Dobson-méter”-rel) elérhető pontosságnál többre lenne szükség, akkor kezdték széles körben használni az Alan West Brewer által az 1970-es években kifejlesztett automatizált mérőeszközt („Brewer-spektrofotométer”).
- A mérési adatok alapján megállapítható és természeti okoknak betudható volt a teljes ózontartalom változékonysága, földrajzi szélességfüggése és különösen a Déli-sarkvidék feletti ózonréteg állapotának nagyfokú évközi változása [Dobson, 1968⁴⁴⁷]. A hosszabb időléptékű változékonyságot előidéző tényezők sorában a 11-éves „napfolt-ciklus” hatását is vizsgálták: a Napból érkező, ilyenkor megnövekedett ultraibolya sugárzás több ózon keletkezését idézte elő a sztratoszférában, ami az ózonkoncentráció pár százalékos átmeneti emelkedését eredményezte [Dütsch, 1974⁴⁴⁸; Keating, 1981⁴⁴⁹].



Nem volt kimutatható trendjellegű változás a teljes ózontartalom idősoraiban a különböző állomásokról, illetve eszközökkel folytatott mérések alapján az 1970-es évek végéig.

- Már 1971-től felmerült, hogy bizonyos emberi tevékenységek az ózonréteg „elvékonyodását” okozhatják, de az akkori mérési adatok ezt nem igazolták, sőt mindkét féltekén az ózonmennyiség – természeti okokkal magyarázott – átmeneti minimális emelkedését tapasztalták 1970-ig, majd az 1970-es évtized végéig [London & Kelley, 1974; John et al., 1981⁴⁵⁰; Reinsel et al., 1981].

⁴⁴⁴ International Union of Geodesy and Geophysics

⁴⁴⁵ „The international conference on stratospheric ozone was held in Paris in 1929. This led to the formal involvement of international scientific organizations in 1930, when a Sub-Commission on Ozone was established within the International Union of Geodesy and Geophysics of the International Council of Scientific Unions. After the war, a separate International Commission on Atmospheric Ozone was organized.” (78. o.)

⁴⁴⁶ IO₃C: International Ozone Commission (IUGG/IAMAP); IGY: International Geophysical Year; GO₃OS: Global Ozone Observing System

⁴⁴⁷ „One of the more interesting results on atmospheric ozone which came out of the IGY was the discovery of the peculiar annual variation of ozone at Halley Bay [...]. It was clear that the winter vortex over the South Pole was maintained late into the spring and that this kept the ozone values low. When it suddenly broke up in November both the ozone values and the stratosphere temperatures suddenly rose.” (403. o.)

⁴⁴⁸ „Variations in the Upper Stratosphere. The 15 year series of Umkehr observations at Arosa shows for the ozone concentration in the upper stratosphere a variation which seems to be correlated with the sunspot number, whereby a certain time lag is indicated.” (1503. o.)

⁴⁴⁹ „Observational evidence and theoretical predictions of the response of ozone to solar variations are reviewed [...] and 11-year solar cycle variations are discussed. Photochemical models indicate that the observed 3% variations in global mean ozone over the solar cycle can be accounted for by solar UV variations which are not inconsistent with recent solar measurements.” (321. o.)

⁴⁵⁰ „Ground-based total ozone measurements through 1979 show an average ozone increase of $1.5 \pm 1.0\%$ ” (7310. o.)

- Az Antarktisz felett végzett műholdas megfigyelések ugyanezt támasztották alá, és ezek szerint az „ózonlyuk növekedése csak az 1970-es évek végétől indult meg” [Staehelin et al. 2001⁴⁵¹].

A légköri ózon monitoringjával kapcsolatos együttműködés megélénkült az 1957/1958-as Nemzetközi Geofizikai Évet követően, mert megnőtt az érdeklődés az ózonréteg sugárzásátviteli szerepe mellett a geofizikai, meteorológiai folyamatokkal való kölcsönhatásai iránt is.

- A Nemzetközi Geofizikai Év ózonprogramját tehát az IUGG égisze alatt működő ózonbizottság (IO₃C) tervezte és szervezte, majd e tevékenységbe bekapcsolódott a Meteorológiai Világszervezet. Az így létrejött Globális Ózon Megfigyelő Rendszernek (GO₃OS) egyre több mérőállomása lett. Az adatokat 1960-tól az Ózon Adatok Világközpontja⁴⁵² gyűjtötte, ezzel elősegítve azok egységes feldolgozását. E hálózat 1989-ben a Globális Légköri Megfigyelő Program⁴⁵³ részévé vált [WMO, 2014]. Amint említettük, az 1970-es évek végétől a felszínről végzett mérések kiegészültek az ózonréteg műholdas megfigyelésével.⁴⁵⁴
- A pontosság javítása érdekében kezdtek foglalkozni a műszerek rendszeres hitelesítésével, kalibrációjával, továbbá a korábbi adatok utólagos pontosítása érdekében is nemzetközi egyeztetéseket tartottak. (Az egyik ilyen találkozó helyszíne Siófok volt 1967-ben.)

3.1.3. A magaslégköri ózommennyiség változása: az emberi eredetű okok feltárása

Változó hevességgel 1970-től másfél évtizeden át tartott az az „érvelési ütközet”, amelyben az egyik oldalon az ózonréteg antropogén veszélyeztetését felfedő kutatók álltak, a másik oldalon pedig olyanok, akik elvitatták ennek megalapozottságát. A vita előbb a sztratoszférában és azon áthaladó repülés során – repülőgépek, űrrakéták által – kibocsátott nitrogén-oxidok lehetséges ózonkárosító hatása körül folyt. Ezt követően az ózonrétegre közvetve ható emberi tevékenységek azonosításában az jelentette a döntő fordulatot, amikor felmerült, hogy a vegyipar által előállított, széles körben használt freonok feljuthatnak a magaslégkörbe és a Naptól érkező ultraibolya sugárzás hatására belőlük felszabaduló klóratomok okozhatják az ózommennyiség csökkenését.

A szuperszonikus repülők és a nitrogén-oxidok. A korábbi elképzelésekhez képest egy merőben új – fentebb már említett – hipotézissel állt elő 1969-ben Paul J. Crutzen, ami átvezetett a tervezett szuperszonikus repülők miatti ózonkárosítás lehetőségének a mérlegeléséhez.

- A nitrogén-oxidoknak a sztratoszférában található ózonra gyakorolt hatását elméleti levezetéssel becsülte meg Crutzen az 1970 áprilisában megjelent írásában; újabb adatok

⁴⁵¹ „the total ozone mean values and ozone distributions over Antarctica were similar at the beginning and the end of the 1970s (measured by the TOMS instrument on board Nimbus 7), providing further evidence that the ozone hole started to develop toward the end of the 1970s.” (259. o.)

⁴⁵² World Ozone Data Centre (WODC, 1960-), World Ozone and Ultraviolet Radiation Data Centre (WOUDC, 1992-)

⁴⁵³ Global Atmosphere Watch (GAW): Global Atmospheric Ozone Monitoring Network

⁴⁵⁴ NASA (1979-); ESA (1995-)

birtokában ezt később pontosította [Crutzen, 1970⁴⁵⁵, 1971, 1979⁴⁵⁶]. Az 1972. évi stockholmi ENSZ-konferenciára való felkészülés jegyében egy 1970 júliusában megtartott tudományos USA-konferencián a sztratoszféráig emelkedő szuperszonikus repülőgépekkel megvalósítandó utasszállítás (SST)⁴⁵⁷ lehetséges környezeti hatásait is érintették. Az előzetes tervek értelmében mintegy ötszáz ilyen repülő hasított volna az eget másfél évtized múlva. A konferencián elfogadott következtetésekben az állt, hogy e repülőgépek hajtóműveiből kibocsátott nitrogén-oxidok és más szennyező anyagok *nem* fogják veszélyeztetni az ózonréteget [SCEP, 1970⁴⁵⁸].

- Saját visszaemlékezései szerint Crutzen kiakadt azon, hogy a pár hónappal korábban közzétett levezetésével szemben elhanyagolhatónak ítélték meg a nitrogén-oxidok ózonbontásban betöltött szerepét⁴⁵⁹ és újabb írásában már kitért az SST-repülők miatti kockázatokra [Crutzen, 1971]. Sokkal keményebben kritizálta Harold Johnston az említett SCEP-jelentés megállapításait és számszerű becslésekkel mutatta ki, hogy a tervezett SST repülőgép-flotta nitrogén-oxid kibocsátásai következtében mennyire károsodhat az ózonpajzs [Johnston, 1971⁴⁶⁰].
- Az USA Kongresszusa 1971 márciusáig bezárólag több közmeghallgatáson tárgyalta e kérdést; a felmerült aggályokat William M. Magruder, az SST-programért felelős hivatal vezetője azzal hárította el, hogy nincs bizonyíték a jelentősebb káros következményekre [Primack & Hoppel, 1974⁴⁶¹]. A Kongresszus mindkét háza 1971-ben mégis leszavazta e költséges program további támogatását. A döntésre hatással volt a közvélemény erősödő környezettudatossága, aminek szerepe volt abban is, hogy 1970-ben hatályba lépett az USA első környezetvédelmi törvénye, és útjára indult a „Föld Napja” mozgalom.
- Angol-francia együttműködésben azonban folytatódott a szuperszonikus Concorde repülőgépek és ezzel párhuzamosan az orosz Tupoljev-144 repülőgépek előállítás. Ez utóbbi első példánya 1968-ban állt forgalomba pár hónappal megelőzve a Concorde utasokkal megtett első útját. A Tu-144 kapcsán nem (vagy csak nem publikáltan) merült fel az ózonréteg veszélyeztetése, de tudatában lehettek e kockázatnak, valamint jó hasznát vették a nagy magasságig emelkedő repülőgépnek az ózonréteg vizsgálatában [Osechkin &

⁴⁵⁵ „It can be seen that the destruction of odd oxygen by the nitrogen oxides is of the same order of magnitude as the production by photodissociation of molecular oxygen. Reductions of odd oxygen by odd nitrogen is, according to these estimates, dominant between approximately 25 and 40 km. [...] There is a distinct possibility that nitrogen oxides are of great importance in ozone photochemistry.” (323., 325. o.)

⁴⁵⁶ „Now it is clear that the oxides of nitrogen play an important role in defining the abundance and distribution of stratospheric ozone. Interest in the stratospheric role of the oxides of nitrogen started with the recognition that NO and NO₂ could catalyze the destruction of ozone in the stratosphere” (485. o.)

⁴⁵⁷ Supersonic Stratospheric Transport (Az 1960-as évektől a Boeing cég kezdte meg e repülőgépek tervezését.)

⁴⁵⁸ „(1.) The added SST water vapor in the stratosphere [...] The reduction of ozone due to water vapor interaction (in a static photochemical model) has been estimated to lie well within the present day-to-day and geographical variability of total ozone. (2.) The direct role of quantities of CO, CO₂, NO, NO₂, SO₂ and hydrocarbons in altering the heat budget is small. It is also unlikely that their involvement in ozone photochemistry is as significant as water vapor.”

⁴⁵⁹ „Although the paper in which I proposed the important catalytic role of NO_x on ozone destruction had already been published in April, 1970, clearly the participants in the study conference had not taken any note of it. [...] I was quite upset by that statement. Somewhere in the margin of this text I wrote "Idiots".” [Crutzen, 1995: 196. o.]

⁴⁶⁰ „if concentrations of NO and NO₂ are increased in the stratosphere by the amounts accepted by the SCEP report and by governmental agencies, then there would be a major reduction in the O₃ shield (by about a factors of 2 even when allowance is made for less NO_x emission than SCEP used).” (522. o.)

⁴⁶¹ „According to existing data and available evidence, there is no evidence of likelihood that SST operations would cause significant adverse effects on our atmosphere or our environment. This is the considered opinion of the scientific authorities who have counseled the government on these matters over the past five years.” (20. o.)

Smyshlyaev, 2018⁴⁶²]. A Concorde sorsát viszont a gazdaságossági és a zajterhelési problémákon túlmenően az 1970-es évek elejétől kezdve ugyanazok a környezeti aggályok és viták övezték, mint amelyekre utaltunk az USA-beli SST-tervekkel összefüggésben. Ebben az esetben is többen felhívták a figyelmet az ózonréteg lehetséges károsítására [Nicolet, 1972⁴⁶³; Allen, 1976⁴⁶⁴; Oliver et al., 1977⁴⁶⁵].

- Az SST-program feladása után az angol-francia szuperszonikus program számára kulcsfontosságú lett, hogy azzal szemben ne szülessenek ajánlások az 1972-re tervezett ENSZ-konferencián [Hamer, 2002⁴⁶⁶; Engfeldt, 2009: 77. o.]. Néhány Concorde-repülőjáratral pedig azt kívánták igazolni, hogy alaptalanok az ózonréteget érintő fejtegetések [U.K./HC, 1976⁴⁶⁷].
- Az „SST-ügy” tehát megszűnt – elsősorban nem környezetvédelmi okokból, hanem néhány súlyos baleset és a magas költségek miatt –, majd a Concorde- és a Tupoljev-projekt is elakadt. Így összességében nemhogy több száz szuperszonikus repülőgép készült volna, hanem csupán tíznél alig több mind a Concorde-ból, mind a Tu-144-ből, amelyek mintegy húsz évvel ezelőtt emelkedtek utoljára a magasba.

Újabb hipotézis: űrrakéták és klór a sztratoszférában. Az űrkutatás fellendülésével hordozórakéták szeltek át a sztratoszférát, amelyek működése klórvegyületek (HCl) kibocsátásával is együtt járt. A lehetséges hatások felmérését az USA Űrügynöksége (NASA) kezdeményezte az 1970-es évek elején, de ettől függetlenül a klór miatti ózonkárosítás lehetősége már felvetődött egy 1973-ban a Nemzetközi Földmágnességi és Aeronómiai Szövetség⁴⁶⁸ által szervezett konferencián. (E kiotói találkozóáról készült kötet 1974-ben jelent meg és abban az alább hivatkozott két előadás szövege is.)

⁴⁶² „В 1977 г. впервые в СССР измерения концентрации озона были осуществлены на сверхзвуковом транспортном пассажирском самолете Ту-144” (41. o.) „Двумерная модель ЛГМИ – РГМУ использовалась для [...] получения численных оценок влияния на озоновый слой выбросов стратосферной авиации.” (49-50. o.)

⁴⁶³ „la présence du monoxide d’azote NO conduit à des réactions importantes dans la stratosphère. Il y a un équilibre photochimique immédiat entre le monoxide d’azote NO et le peroxyde de l’azote NO₂. Ces deux molécules constituent alors un cycle catalytique qui détruit l’ozone. D’où le danger souvent proclamé de la pollution de la stratosphère par les avions supersonique qui produisent par leur combustion des oxydes d’azote.” (1436. o.)

⁴⁶⁴ „The Secretary of Transportation recognized that in evaluating the environmental costs of admitting Concorde – air pollution, noise, stratospheric impact, and fuel consumption – objective standards existed only for measuring the impact of noise and air pollution. [...] The effect of the exhaust emissions of supersonic transports on the earth’s ozone layer has been one of the most widely debated aspects of supersonic flight.” (441., 443. o.)

⁴⁶⁵ „The three major studies (CIAP, 1974; NAS, 1975; COMESA, 1975) [...] agreed with regard to the existence of the aircraft NO_x effect on ozone, but disagreed – by about a factor of six – as to its magnitude for aircraft (such as the Concorde SST) at 17 km [...]. The NAS and CIAP studies both concluded that subsonic as well as supersonic aircraft would reduce the ozone column.” (S-2. o.)

⁴⁶⁶ „the [Brussels] group’s aims can be gleaned from a note laying out Britain’s position prior to a secret meeting in Geneva in December 1971 [...]. Written by an official in what was then the Department of the Environment, it says that Britain wanted to restrict the scope of the Stockholm conference and reduce the number of proposals for action. [...] At the top of the list were controls on sonic booms from aircraft and pollution in the upper atmosphere. These measures would have seriously damaged the economics of the Anglo-French supersonic airliner, Concorde.”

⁴⁶⁷ The Secretary of State for Trade and President of the Board of Trade (Mr. Peter Shore): „I should like to make a statement on Concorde operations to the United States. As the House will be aware, the United States Secretary of Transportation, Mr. Coleman, announced yesterday his decision on the application by British Airways and Air France for up to two flights each per day to John F. Kennedy Airport, New York, and one each per day to Dulles International Airport, Washington. He allowed their application in full, for a trial period not to exceed 16 months. [...] I believe services during this period will demonstrate that they will have a minimal effect on the environment.”

⁴⁶⁸ International Association of Geomagnetism and Aeronomy (IUGG/IAGA)

- Kimutatható lett, hogy a klór a nitrogén-oxidnál is hatékonyabban segítheti elő (katalizálhatja) az ózonmolekulák elbontását, de vita alakult ki arról, hogy honnan kerülhetnek a sztratoszférába a klórvegyületek. A felszíni természetes kibocsátási források mellett inkább a vulkánkitöréseknek tulajdonítottak ebben szerepet [Stolarski & Cicerone, 1974⁴⁶⁹; Kowalok, 1993⁴⁷⁰].
- A sztratoszférában száguldó szuperszonikus repülőgépek (SST) nitrogén-oxid kibocsátásához hasonlóan merült fel, hogy az űrhajózási rendszerek (STS) által kibocsátott klórvegyületek is okozhatják az ózonréteg károsodását [Wofsy & McElroy, 1974⁴⁷¹; Stolarski & Cicerone, 1974⁴⁷²].

A freonok szintetizálása és kiváló tulajdonságainak felismerése óriási változáshoz vezetett elsősorban a hűtőtechnikában, de számos más felhasználási módnak is betudhatóan felívelt e vegyi anyagok termelése és nemzetközi kereskedelme.

- A szén-, klór-, fluor-atomokból álló, freonoknak elnevezett vegyületeket 1928-ban Thomas Midgley Jr. vegyészcsoportja szintetizálta először (nem véletlenül a „beszédesebb” nevű Frigidaire – magyarul frizsider, azaz hűtőszekrény – nevű cégnél). Ezek olyannyira hatékonyak bizonyultak többek között a hűtőszekrények hűtőközegeként és szórófejes palackok hajtógázaként, hogy az 1930-as évektől növekvő mennyiségben állították elő mindenekelőtt a DuPont cég üzemében, forgalmazták és alkalmazták szerte a világban. (Sajátos párhuzam, hogy a légköri ózommérések nemzetközi hálózatának kiépítése 1928-ban kezdődött, akkor még mit sem sejtve arról, hogy néhány évtizeddel később kiderül a freonok ózonkárosító hatása.)
- Az 1970-es évek elején már közel évi egymillió tonna freont termeltek globálisan. Freon elnevezéssel illették nemcsak az említett telített avagy „kemény” freonokat (CFC), hanem ugyancsak a hidrogén atomot is tartalmazó telítetlen avagy „lágy” freonokat (HCFC).⁴⁷³ A „halogénezett szénhidrogének” körébe tartoznak továbbá a brómatomot is magukban foglaló – a múlt század közepétől egyre nagyobb mennyiségben előállított – halonok, amelyeket elsősorban tűzoltó készülékekben alkalmaztak.

A freonok ózonrétegre kifejtett hatása is felmerült, de e felvetésre egy ideig csak a tudomány berkeiben figyeltek fel, mert azt még nem támasztották alá magaslégtérbeli mérési adatok.

- Mario J. Molina és Sherwood F. Rowland 1974-ben levezette, hogy a levegőkörnyezetbe kibocsátott freonok (Freon-11 és Freon-12)⁴⁷⁴ feljuthatnak a sztratoszférába, és az ultraibolya sugárzás hatására megvalósuló elbomlásuk (fotolízissel bekövetkező „disszociációjuk”) nyomán keletkezett szabad klóratomok elbonthatják az ózonmolekulákat [Molina &

⁴⁶⁹ „ClO_x is more efficient for ozone destruction than NO_x [...]. Large volcanic eruptions which penetrate to the middle or upper stratosphere where most of the ozone destruction occurs could leave a noticeable local ozone hole.” (1614. o.)

⁴⁷⁰ „Research attention turned to the role of chlorine in the stratosphere in 1972, when scientists at the U.S. National Aeronautics and Space Administration (NASA) recognized that the space shuttle's solid rocket boosters would inject chlorine directly into the stratosphere. Until that time, scientists thought that volcanic eruptions were the only source of stratospheric chlorine” (17. o.)

⁴⁷¹ „The work on chlorine had as its impetus the possible modification of the stratosphere by the space shuttle. The shuttle now under development and scheduled for operation in the 1980's, will emit HCl as an exhaust product.” (1582. o.)

⁴⁷² „explosive volcanic eruptions and solid fuel rockets may directly inject chlorine into the stratosphere” (1610. o.)

⁴⁷³ chlorofluorocarbon (CFC); hydrochlorofluorocarbon (HCFC)

⁴⁷⁴ CFC-11 (Freon-11, F-11): CFCl₃ avagy CCl₃F; CFC-12 (Freon-12, F-12) CF₂Cl₂ avagy CCl₂F₂

Rowland, 1974⁴⁷⁵]. Ez nem érvényesülhet azonnal azt követően, hogy a felszín közelében a freonok megjelennek a levegőkörnyezetben, hiszen a nagy magasságba történő feljutásuk eltart egy ideig. Azt is nyilvánvalóvá tették, hogy ugyanígy hosszú időbe telhet az ózonréteg helyreállása, ha a jövőben mérséklődne a sztratoszférába kerülő klór mennyisége.⁴⁷⁶

- Molina és Rowland elemzésének kiindulópontjául James Lovelock megfigyelései szolgáltak. Az ír szigeten 1970-ben folytatott mérései alapján Lovelock arra a következtetésre jutott, hogy a szerinte „veszélytelen” Freon-11 (CCl_3F) már mindenüvé eljutott az északi félteke légkörében [Lovelock, 1971⁴⁷⁷]. Később az Atlanti-óceánon végzett megfigyelések alapján megállapították, hogy a vegyület megtalálható volt „a levegőben és a tengerben bárhol és bármikor is mértünk” [Lovelock et al., 1973⁴⁷⁸]. Rowland 1995. évi „Nobel-díjas” visszaemlékezéseiben hivatkozott a mérések és megállapítások jelentőségére, amikor megkezdte a saját kutatásait [Rowland, 1995⁴⁷⁹].
- A vizsgálatokból kitűnt, hogy a freonok stabilak (inertek) az alacsonyabb légkörben, de a sztratoszférába feljutva az ultraibolya sugárzás hatására ott felbomlanak, és az azokból kiváló klóratom láncreakciószerűen elbonthatja az ózonmolekulákat.⁴⁸⁰

Az „ózonkárosító freon” hipotézis rendkívüli hatású lett a további tudományos kutatásokat és az első beavatkozások kezdeményezését illetően.

- Sorra jelentek meg az ezt a felvetést megerősítő, más vegyi anyagokra is kiterjesztő tudományos közlemények [Nicolet, 1976⁴⁸¹; USA/NAS, 1976⁴⁸²; Hudson et al., 1977], illetve a felvetést megkérdőjelező írások [Scorer, 1974⁴⁸³] és a freon-termelésben érdekelt vegyipari vállalatok, köztük a DuPont képviselői részéről tett nyilatkozatok.

⁴⁷⁵ „The most important sink for atmospheric CFCl_3 and CF_2Cl_2 seems to be stratospheric photolytic dissociation to $\text{CFCl}_2 + \text{Cl}$ and to $\text{CF}_2\text{Cl} + \text{Cl}$, respectively, at altitudes of 20–40 km. [...] An extensive catalytic chain reaction leading to the net destruction of O_3 ” (810. o.)

⁴⁷⁶ „One important corollary of these calculations is that the full impact of the photodissociation of CF_2Cl_2 and CFCl_3 is not immediately felt after their introduction at ground level because of the delay required for upward diffusion up to and above 25 km. If any Cl atom effect on atmospheric O_3 concentration were to be observed from this source, the effect could be expected to intensify for some time thereafter. A lengthy period (of the order of calculated atmospheric lifetimes) may thus be required for natural moderation, even if the amount of Cl introduced into the stratosphere is reduced in the future.” (812. o.)

⁴⁷⁷ „about 106 tons of fluorine compounds are released each year into the atmosphere, and these include halomethanes from aerosol dispensers, fire extinguishers, refrigerant fluids and anaesthetics, and sulphur hexafluoride from electrical equipment. [...] carbon fluorides in the atmosphere is not in any sense a hazard [...]. Air arriving at the monitoring site from a north-westerly direction does not pass over any source of either CCl_3F or SF_6 and so the concentrations measured under these conditions can be regarded as representative of the northern hemisphere background.” (379. o.)

⁴⁷⁸ „ CCl_3F [...] found in the air and in the sea wherever and whenever they were sought. [...] CCl_3F is one of the few substances present and easily measured in the air which is wholly anthropogenic in origin” (194–195. o.)

⁴⁷⁹ „The starting point for that work was the discovery by Jim Lovelock that the molecule, CCl_3F , a substance for which no natural sources have been found, was present in the Earth’s atmosphere in quantities roughly comparable to the total amount manufactured up to that date.” (273. o.)

⁴⁸⁰ A sztratoszférában a freonból felszabaduló klóratomból – ózonmolekulával reakcióba lépve – klór-monoxid képződik, majd abból újra kiválik a klóratom, és ekként mintegy katalizátorként újabb és újabb ózonmolekulákat bont el. Hasonlóképpen vesznek részt ebben az ózonkárosító folyamatban a halonokban foglalt brómatomok.

⁴⁸¹ „Dans le cas du brome, on peut également écrire un cycle catalytique analogue à celui du chlore” (157. o.)

⁴⁸² „Resumption of exponential growth in the production and use of CFMs could well occur and lead to a doubling of their release rate within 10 yr. Even if the release rates became constant at that point, they would cause a doubling in the expected ozone reduction” (20. o.)

⁴⁸³ „It may be thought that incumbent on the likes of me to say precisely what will happen to the chlorine from Freon, but it is first the duty of the chemists to find out what is up there all the time and consider all the hundreds of other reactions nature is capable of before predicting doom from one of them.” (140. o.)

- Az újabb mérési adatokra, az ózonréteg „vékonyodásából” adódó egészségi ártalmak növekvő kockázata miatti aggodalmakra tekintettel 1978-ban – első lépésként és kompromisszumos megoldásként – betiltották az USA-ban a freon használatát a hajtógáz szórópalackok („spray-k”) egy részében⁴⁸⁴ és rövid időn belül hasonló tiltó intézkedéseket hoztak néhány más országban is⁴⁸⁵. A többi alkalmazás azonban megmaradt (pl. a hűtőszekrényekben) amiatt, mert egyrészt nem látszott, hogy azokban milyen környezetbarát(abb) és gazdaságos megoldással lehetne kiváltani az ózonkárosító anyagokat, másrészt az ipar képviselőinek többsége továbbra sem tartotta kellően meggyőzőnek a feltételezést a freonok ózonréteget veszélyeztető hatásáról.

* * *

Az ózonréteg és az emberi élet, a bioszféra számára való jelentőségének felfedezését, feltárását követően megkezdődött azoknak a tényezőknek az azonosítása, amelyek veszélyeztethetik a földi környezetnek ezt a magaslégtérben található összetevőjét. Rövid időn belül kiderült – miként a szuperszonikus repülőgépek esetében (elsősorban azoknak a korábbi tervektől messze elmaradó számossága és kihasználtsága miatt) –, hogy az űrhajózásból eredő ózonkárosításnak is elenyésző a mértéke. Ezt követően merült fel, hogy a szintetikus úton előállított, különféle alkalmazásokban hasznosnak bizonyult és minden szempontból biztonságosnak gondolt freonok jelenthetik az igazi veszélyt az ózonrétegre, de ennek az elméletileg levezetett felvetésnek a helytállóságához még hiányoztak az azt igazoló környezeti megfigyelések.

3.2. MEG KELLENE MENTENI AZ ÓZONPAJZSOT?

3.2.1. A lehetségestől a bizonyosságig: az együttműködés kibontakozása

A légköri ózon megfigyelésével, a magaslégtérbeli ózonréteg vizsgálatával kapcsolatos együttműködés kezdeteire már utaltunk, így a Nemzetközi Ózon Bizottságra (IUGG/IO₃C, 1948-), a Globális Ózon Megfigyelő Rendszerre (GO₃OS, 1957-), az Ózon Adatok Világközpontjára (WODC, 1960-), a Nemzetközi Földmágnességi és Aeronómiai Szövetség (IUGG/IAGA) 1973. évi konferenciájára. Már az 1970-es évek elején magasszintű fórumok – így az 1972. évi ENSZ-konferencia (Stockholm) és az 1975. évi páneurópai konferencia (Helsinki) – előkészületei során az „ózonprobléma” vitatéma lett, de e viták a résztvevők különböző megítélését tükrözték az akkori tudományos ismeretekről, amit nyilvánvalóan befolyásolt az érintett tevékenységek vonatkozásában országaik eltérő gazdasági helyzete és érdeke. A tovább bővülő tudományos kutatásokra támaszkodva az 1970-es évek végétől alakult ki egyetértés arról, hogy szükség lehet olyan közösen egyeztetett teendőkre, amelyek elősegíthetik a kockázatok tisztázását és akár azok elővigyázatos mérséklését. Az alapvető fordulatot az Antarktiszt feletti „ózonlyuk” felfedezése hozta el 1984-ben, aminek nyomán felgyorsultak a politikai egyeztetések az ózonréteg védelmére irányuló megállapodásról.

Az ózonrétegre feltehetően ható antropogén légköri kibocsátások kérdése az 1970-es években több nemzetközi konferencia előkészítése során is felmerült. Az ellentétes nézőpontok és érdekek miatt egyik esetben sem lehetett egyetértésre jutni arról, hogy a közösen jóváhagyandó dokumentumokban legalább valamilyen közvetett jelzés legyen e kockázatra.

- Az 1972. évi környezetvédelmi ENSZ-konferencia tartalmi, eszmei megalapozása volt a célja annak az összeállításnak, amelynek szerzői – számos ország szakértőivel egyeztetve – végigvették az akkor leginkább kritikusnak gondolt folyamatokat. Ezek sorában említették

⁴⁸⁴ March 1978: ban on the nonessential use of CFCs in aerosols under Toxic Substance Control Act and the Federal Food, Drug and Cosmetic Act

⁴⁸⁵ Kanada, Dánia, Norvégia, Svédország

az ózonréteget „esetleg” fenyegető, a szuperszonikus repülőgépek (SST) hajtóműveiből eredő nitrogénoxid-kibocsátásokat és azok korlátozásának szükségességét [Ward & Dubos, 1972⁴⁸⁶]. Ebből fakadóan vélhető volt, hogy e kockázatos hatás szöbe kerülhet a konferenciát előkészítő egyeztetéseken, de elsősorban a Concorde-repülőgépek fejlesztéséhez fűződő brit és francia érdekek miatt e két ország képviselői elérték, hogy erről még közvetett utalás se kerüljön be a záródokumentum ajánlásai közé [UN, 1972⁴⁸⁷; Engfeldt, 2009⁴⁸⁸].

- A páneurópai biztonsági és együttműködési konferencia 1973-ban megkezdett előkészítése során a környezeti fejezet egyeztetésekor még nehezebben lehetett elkerülni az „ózonproblémát”, hiszen már nemcsak a repülőgépes nitrogénoxid-kibocsátásokról volt több ismeret, hanem már a freonok feltehetően sokkal markánsabb ózonbontó hatásáról is az 1974 júniusában megjelent közlemény alapján [Molina & Rowland, 1974]. Az USA képviselője felvetette e kérdést egy 1974. decemberi fórumon (Oslo)⁴⁸⁹, de az 1972. évihez hasonló okokból e téma expliciten ezúttal sem jelenhetett meg az 1975. évi záródokumentumban (CSCE, Helsinki)⁴⁹⁰. Ehhez képest a tudomány berkeiben már komolyabban vették e kockázatot: a nemzetközi tudományos összefogás első eredményének egy szakértői csoport által 1975-ben elkészített értékelést tekinthetjük, amelyben kitértek a szuperszonikus repülő és a freonok lehetséges ózonkárosító hatására, de mindenekelőtt további méréseket, vizsgálatokat tartottak szükségesnek [WMO, 1975⁴⁹¹].
- Említésre méltó, hogy 1979 novemberében a Genfben megrendezett „poszt-CSCE” tanácskozáson többek között az országhatárokon áttérjedő légszennyezés korlátozása volt napirenden az erről éppen akkor véglegesített egyezmény alkalmából [CLRTAP, 1979]. Sok ország miniszteri szinten képviseltette magát és többen az ózonréteg veszélyeztetését is felvetették, de végül az elfogadott határozat az említett egyezmény végrehajtására szorítkozott, habár egyik kompromisszumos megfogalmazása tágabban is értelmezhető

⁴⁸⁶ „Olyan feltevés is létezik, hogy [...] esetleg a szuperszonikus repülőgépek kipufogógázaiából eredő nitrátok és szulfátok egyesülnek a kritikus mennyiségű ózonnal, és csökkentik az atmoszféra felső rétegében a sugárvédő pajzs egyik legfontosabb elemét. [...] Szükségessé válik a megfigyelés és a kutatás összehangolása, új megállapodásokkal le kell fektetni az alapszabályokat, amelyek ellenőrzik a légi közlekedési eszközök emisszióját, kiértékelik a szuperszonikus kísérletek eredményeit.” (Ward & Dubos, 1972; 1975: 337-338. o.)

⁴⁸⁷ „Some speakers were highly critical of the development of supersonic aircraft, which, they claimed, could have harmful global effects.” (47. o.)

⁴⁸⁸ UK and France: „the Ambassadors of these two countries made two demarches to the Swedish foreign minister [...] in order to secure that no substantive resolution would be adopted on the supersonic transport (SST) issue. [...] UK specifically wanted to leave out a number of subjects of the Stockholm action plan, including controls on sonic bombs and pollution in the upper atmosphere [...]. As has been shown, the Conference did not adopt any recommendations on these areas.” (77-78. o.)

⁴⁸⁹ Erre hivatkoztunk egy korábbi tanulmányban [Farágó, 2016: 11. o.]: „The ozone layer issue also became a delicate topic during the preparations for the CSCE, as the discovery of the ozone-destroying effect of the CFCs was published in June 1974 (Molina and Rowland, 1974), and already in December that year, the U.S. House of Representatives held a hearing on this matter.”

⁴⁹⁰ „Control of air pollution. Desulphurization of fossil fuels and exhaust gases, pollution control of heavy metals, particles, aerosols, nitrogen oxides, in particular those emitted by transport, power stations, and other industrial plants; systems and methods of observation and control of air pollution and its effects, including long-range transport of air pollutants” [CSCE, 1975: 28. o.]

⁴⁹¹ The need for more observations and research: „present knowledge has shown clearly that there is a lack of understanding in a number of important aspects. Whilst this lack of understanding results in considerable divergence of opinion as regards the urgency of this problem, the prudent course of action at present seems to be to step up efforts immediately so as to reduce the scientific uncertainties as rapidly as possible.” (2. o.)

[OKTH, 1980⁴⁹²]. Az eseményen hazánkat Straub F. Brunó akadémikus, az Országos Környezet- és Természetvédelmi Tanács elnöke képviselte.

- A globális éghajlatváltozásról szólt az 1979 februárjában megtartott genfi világtalálkozó, amelyen többen felemlítették az éghajlatot és az ózonréteget is befolyásoló kibocsátásokat [WMO, 1979b]. A nyitóelőadást Robert M. White (USA) tartotta, aki szóba hozta a sztratoszférikus ózonra kockázatos emberi tevékenységeket is.⁴⁹³ Robert E. Munn (Kanada) és Lester Machta (USA) összefoglalta az elméleti modellekkel elért eredményeket, amelyek szerint a különböző kibocsátások egymással ellentétes módon is hatnak az ózonrétegre.⁴⁹⁴ B. John Mason (U.K.) egyaránt utalt a Concorde repülők nitrogén-oxid kibocsátásaira és a freonokra, de arra a következtetésre jutott, hogy egy-két évtizeden belül ezeknek nem vagy csak minimális lesz a hatása az ózonra.⁴⁹⁵ (Talán az akkori brit hivatalos álláspont alátámasztására Mason azt is megjegyezte: a globális CFC-termelésben csupán 6%-os a U.K.-részesedés.)
- Tehát az „ózonkérdés” a bizonytalanságaival együtt és kapcsolata az éghajlatváltozással ezen az 1979. évi konferencián is felmerült, a közös nyilatkozat azonban „hallgatott” erről, hacsak nem tekintjük annak azt a nagyon általános utalást, miszerint: „A világ nemzetekinek együtt kell dolgozniuk, hogy [...] csökkentsék a légkör szennyezését” [WMO, 1979a].

Csak a megfigyelések és a kutatások terén folytatandó együttműködés kereteiről lehetett megegyezni 1980 előtt a freon-termelésben és -alkalmazásban leginkább érintett országok kormányzati képviselői közötti nézeteltérések miatt.

- Az ENSZ Környezeti Programjának kezdeményezésére nemzetközi szervezetek és 32 kormány képviselőinek részvételével 1977-ben megtartott washingtoni konferencián elfogadták a „Cselekvési világtervet az ózonrétegről”. Ennek célja az ózonréteg állapotát befolyásoló tényezők és azok lehetséges hatásainak jobb megismerésére a megfigyelések és a kutatások elősegítése volt, de emellett olyan vizsgálatoké is, amely megalapozhatják az ózonkárosító kibocsátások mérséklését [UNEP, 1977]⁴⁹⁶. A program végrehajtását más kormányközi szervezetek is segítették.⁴⁹⁷ Közösén létrehozták az „Ózonréteggel foglalkozó koordinációs bizottság”-ot (CCOL)⁴⁹⁸, amelyik már 1977 novemberében megtartotta első

⁴⁹² Határozat a nagytávolságra jutó, országhatárokon áttérjedő levegőszennyezésről. Az Egyezményt aláíró Felek: „Különösen törekedni fognak arra, hogy közelítsék egymáshoz a *levegőszennyezés* – ideértve a nagy távolságra jutó, országhatárokon áttérjedő levegőszennyezés – leküzdésével kapcsolatos politikájukat és stratégiájukat” (157. o.)

⁴⁹³ „It is hard to be complacent when we know that the population of the world will need increasingly to turn to nitrogen fertilizers to maintain agricultural production with the potential for releasing nitrogen compounds which can alter the photochemical balance of the stratospheric ozone. The potential effect on stratospheric ozone of the oxides of nitrogen released in supersonic flight, and of chlorofluoromethanes (CFMs) used as refrigerants or propellants also raise the issue of human impact upon climate.” (3. o.)

⁴⁹⁴ „The present generation of models predicts that: (a) Continued use of chlorofluoromethanes and nitrogen fertilizers could cause a small long-term depletion in stratospheric ozone; (b) the net effect of SST aircraft might result in a small increase in stratospheric ozone, rather than a decrease as previously predicted” (106. o.)

⁴⁹⁵ „In any case, the small number of supersonic transport aircraft likely to fly during the next decade will have no detectable effect on the ozone or the climate.” The depletion of ozone by chlorofluorocarbons: „It would be about 25 years before the ozone was depleted by 5 per cent – about the smallest long-term change that could be detected above the natural fluctuations” (140. o.)

⁴⁹⁶ World Plan of Action on the Ozone Layer: „Quite recently the impact of other substances such as the nitrogen oxides from aircraft exhausts and the man-made chlorofluoromethanes (CFMs) has been receiving intense scrutiny. [...] there is a large measure of agreement on the model prediction that current aircraft emissions have minimal effects on the ozone layer but that the effects of continuing emissions of CFMs at the 1973 or higher levels are a matter of concern.” (1-2. o.)

⁴⁹⁷ FAO, ICAO, UNEP, UNESA, WHO, WMO; ICC, OECD

⁴⁹⁸ Co-ordinating Committee on the Ozone Layer (CCOL)

ülését és megvitatta a „freon-ózon elmélet” helyzetét. A nemzetközi környezetvédelem akkori helyzetének taglalásakor Láng István említette ezt az 1977. évi eseményt is és annak apropóján az ózonréteg ügyét [Láng, 1980: 35-37. o.].

- Az új értékelések alapján már kevésbé látszott lényegesnek a nitrogén-oxidok szerepe, és a figyelem a freonok lehetséges ózonkárosítása felé fordult, kiegészülve a brómot tartalmazó halonok ebbéli esetleges hatásának tisztázásával. A tudományos érvek és a közvélemény erősödő aggodalmának hatására – amint említettük – észak-amerikai és észak-európai országok korlátozó intézkedéseket vezettek be, elsősorban a freon-hajtógáz szórópalackokra.
- A freonok termelésében és használatában különösen érdekelt európai országok – mint Franciaország és Nagy-Britannia – képviselői az újabb nemzetközi konferencián (München, 1978. december) továbbra is azt képviselték, hogy nem kellően igazolt a freonoknak az ózonrétegre gyakorolt hatása, és ezért elleneztek bármilyen konkrét cél elfogadását [Stoel, 1979⁴⁹⁹]. A következő évben még inkább megnyilvánultak ezek az érvek főként brit részről: az ózonréteg csökkenésének elvitatásával, a freonhasználat elővigyázatos csökkentésére irányuló szabályozásnak az elvetésével [Allaby, 1979⁵⁰⁰; U.K./DOE, 1979⁵⁰¹].
- A freontermelés és -használat korlátozásának és gazdasági hatásainak vizsgálatába az OECD és az Európai Gazdasági Közösség (EGK) is bekapcsolódott. Szakértőik felmérték e téren a tagállamaik helyzetét. Arra a következtetésre jutottak, hogy bár nem eléggé bizonyított a freonok ózonkárosító elmélete, mégis indokolt lehet a szabályozás megfontolása. Az ebből adódó komolyabb gazdasági károk viszont akkor kerülhetők el, ha marad idő az ózonrétegre nem vagy kevésbé ható szintetikus vegyületek kikísérletezésére és az azokra való áttérésre [OECD, 1977; EEC, 1978⁵⁰²].
- Az Egészségügyi Világszervezet (WHO) már nemcsak általában törődött az ultraibolya sugárzás egészségi ártalmaival, hanem az 1970-es évek végén e szervezetnél is felvetődött az a kérdés, hogy az ózonréteg antropogén károsítása miképpen hatna a bőrrákos megbetegedések növekedésére [WHO, 1979⁵⁰³]. E kutatáshoz csatlakozott a Nemzetközi Sugárzásvédelmi Szövetség is⁵⁰⁴.

⁴⁹⁹ „Hence, the Conference as a whole was able to agree only that "as a precautionary measure, there should be a worldwide reduction in the release" of fluorocarbons.” (167. o.)

⁵⁰⁰ „In 1979, the British Meteorological Office forwarded a theory that the increased destruction of ozone caused by CFCs was offset by increased ozone creation due to unnaturally high amounts of carbon dioxide, another by-product of pollution, being released into the atmosphere. The equilibrium of creation/destruction of ozone was maintained, and CFC use posed no threat to ozone layer depletion.” [Faries, 1990: 828. o.]

⁵⁰¹ Foreword by Michael Heseltine (UK secretary of state for the environment) on the theory that CFCs cause ozone depletion: „This theory has been the subject of controversy since it was first propounded in 1974. [...] The validity of the hypothesis is still in doubt but if it is right and if emissions were to continue at the earlier levels the threat would increase slightly with each passing year.” Conclusions of Part I: „strict regulation is not warranted at present.”

⁵⁰² „Notwithstanding the substantial uncertainties attaching to the fluorocarbon-ozone theory as a whole, some of the main components are still unshaken: CFCs are entering the stratosphere where they can cause the depletion of ozone; a thinning of the ozone layer would allow more UV radiation to reach the earth; and UV radiation can be harmful to health.” (4. o.) „The main requirement for the industry to make a successful adaptation is time: time to design, procure and install new filling plant; time to develop and test new formulations; time for the ancillary sectors to supply new equipment, components and materials in adequate quantities; and time to complete the investigation of possibilities” (152-153. o.)

⁵⁰³ „A series of mathematical models relating human skin cancer incidence to solar UVR has been proposed at various times in the past few years, because of concern about alteration of the stratospheric ozone layer [...]. While the uncertainties are very great, the best accepted model data suggest that a 5% increase in erythema-effective solar UVR may result in a 15% (range 7.5-25%) increase in skin cancer in a susceptible population after about 60 years, when a steady state has been reached.” (87. o.)

⁵⁰⁴ International Radiation Protection Association (IRPA)

- Az 1970-es évektől megkezdődtek a műholdas ózonmérések. A Nimbus-7 műholdon elhelyezett mérőműszerrel⁵⁰⁵ nyert adatok alapján a NASA hozzájárulhatott volna (!) a tudományos bizonytalanságok csökkentéséhez és a freonokkal összefüggő elővigyázatos politikai döntések elfogadásához. A Déli-sarkvidék felett először 1979-ben a teljes ózontartalom nagyon alacsony értékét mérték, majd az ezt követő években is, de az adatokat hibás mérési eredményeknek vélték [Lemonick, 1987⁵⁰⁶; Leitze, 2012⁵⁰⁷].
- Annak ellenére, hogy a modellekkel kapott becslések és a mért adatok alapján sem lehetett alátámasztani a freonok által az ózonréteg veszélyeztetését, mégis a nemzetközi bizottság (CCOL) megerősítette ennek a kockázatát [UNEP/CCOL, 1980⁵⁰⁸, 1981]. Hasonló következtetésekre jutottak más szakértők is [WMO, 1981⁵⁰⁹].

E vizsgálatokkal Magyarországon is elkezdtek foglalkozni a nemzetközi megfigyelésekhez és kutatásokhoz kapcsolódóan.

- A 19. századi talajközeli ózonmérésekre is találhatunk hivatkozást [Takács, 1970]: „az ózonnál az első magyar nyelvű észlelői útmutatás függelékében olvashatunk, amit Stoczek József műegyetemi tanár az akadémia megbízásából még 1861-ben adott ki [...] "kíváncsi voltam, hogy a légtüneti észleletek mellett a szabad levegő ózontartalmának a feljegyzése is foglaljon helyet". [...] A legutóbbi évtizedekben Európa néhány kutatóhelyén újból találkozunk a magaslégköri ózontartalom színképi úton történő megfigyelésével, de ezeknek a modern vizsgálatoknak a név hasonlóságán kívül semmi köze a száz évvel ezelőtti talajmenti ózonhoz.”
- A légköri teljes ózontartalom magyarországi mérései 1966/1967-től indultak meg [Borbély, 1966; Béll & Bucsy, 1970⁵¹⁰]. Az ózonmennyiség trendjeinek elemzésére és a műholdas megfigyelések eredményeinek bemutatására pedig először egy évtizeddel később került sor [Borbély, 1977; Miskolczi, 1977].
- Az ózonnál szóló akkori elméleti eredményeket Mészáros Ernő mutatta be 1977-es és 1981-es levegőkémiai „alapműveiben”, majd egy évtizeddel később e kutatások fejlődésének külön írást szentelt, akárcsak Bencze Pál [Mészáros, 1991⁵¹¹; Bencze, 1991]. A vegytani kutatások és a vegyipari alkalmazások területén tevékenykedő három hazai szakember, Horváth

⁵⁰⁵ Total Ozone Monitoring Satellite (TOMS)

⁵⁰⁶ „For several years NASA's scientists failed to accept data on the Antarctic ozone hole that was before their eyes. The reason: computers prescreening data from monitoring satellites had been programmed to dismiss as suspicious presumably wild data showing a 30% or greater drop in ozone levels. After British scientists reported the deficit in 1985, NASA went back to its computer records, finally recognizing that the satellite data had been showing the hole all along.”

⁵⁰⁷ „Scientists first spotted the ozone hole in 1985, using ground-based sensors to study the Antarctic atmosphere. Earlier data from the Total Ozone Monitoring Satellite (TOMS), a satellite launched in 1979, had shown the same low ozone levels, but because levels were so extremely low, researchers had assumed that the data were incorrect. When they looked at the data again, they confirmed that the hole was real.” (15. o.)

⁵⁰⁸ (1.): „A risk of depletion of the ozone layer due to chlorofluorocarbon releases is still most likely, although in future other halogenated compounds which can reach the stratosphere, require increased consideration.” (2.): „If chlorofluorocarbon releases continue at the existing rate, present model calculations estimate an ultimate ozone depletion of about 10 percent”

⁵⁰⁹ (21.) „there is no scientific basis to reject the hypothesis that theoretical model projections of ozone trends are consistent with the observational evidence and to the recognition that there is a threat of a considerable depletion of the ozone layer in the future.”

⁵¹⁰ „1967 júniusában megkezdtek a pestlőrinci Obszervatóriumban az ózon rendszeres mérését és ezzel a 30-50 km magas légrétegek közvetett kutatását.” (19. o.)

⁵¹¹ „A kérdések végleges tisztázásához természetesen további vizsgálatok szükségesek. Ezek a kutatások igen fontosak, hiszen a bioszféra és az éghajlat szempontjából oly jelentős légköri ózon tulajdonságainak mélyebb feltárása közelebb visz bennünket az ember környezetre gyakorolt hatásának jobb megismeréséhez.” (75. o.)

Márton, Bilitzky László és Hüttner Jenő az ózon témakörét 1976-ban külön monográfiában tárgyalta és a majd' egy évtizeddel későbbi angol nyelvű változat légköri ózont tárgyaló fejezetében áttekintették az akkori ismereteket az ózonréteget érintő emberi beavatkozásokról [Horváth et al., 1985⁵¹²]. Ezek az értekezések és az első hazai megfigyelési adatok is hozzájárultak ahhoz, hogy nálunk is elinduljon a felkészülés az ózonréteg védelmét célzó elővigyázatos intézkedésekre.

3.2.2. Elegendő indok az elővigyázatosságra?

Az első globális szintű politikai kompromisszumok megszülettek 1980-ban annak ellenére, hogy még az elővigyázatosság indokoltságát is többen kétségbe vonták.

A freonok termelésének és használatának részbeni korlátozása volt már az egyezkedések napirendjén, azzal, hogy a további tudományos eredmények függvényében ezt majd felül kell vizsgálni. A megelőző évek kételyeihez és vitáihoz képest akár meglepőnek is tűnhettek ezek a fejlemények, de a háttérben álló egyik tényező az volt, hogy különböző okokból már visszaesett a freonok globális termelése (Freon-11, Freon-12) [Downing & Kates, 1982⁵¹³].

- Az ENSZ Környezeti Programja Kormányzó Tanácsának (UNEP/GC) 1980. áprilisi találkozásán elfogadott határozat szerint el kell érni a Freon-11 és a Freon-12 világszintű termelésének és használatának a korlátozását, illetve csökkentését az ezeket nagymértékben alkalmazó országokban [UNEP, 1980⁵¹⁴].
- Ez a nemzetközi határozat úgy jöhetett létre, hogy az Európai Gazdasági Közösség (EGK) tagállamai nem sokkal korábban egyetértésre jutottak: eszerint bár nem vetették el, de nem is erősítették meg az ózonréteg-károsítás hipotézisét, mégis vállalták, hogy nem növelik az említett két freon előállítási kapacitását, és legalább 30%-kal csökkentik azok felhasználását az aeroszolos palackokban [EEC, 1980⁵¹⁵]. Ez utóbbi nem volt egy „komoly” vállalás, hiszen közel ennyivel volt kisebb az ilyen célra alkalmazott freonmennyiség EGK-összesítésben az 1976-os szinthez képest.⁵¹⁶ E vállalások szigorítását pedig indokolatlannak tartották úgy a meglévő tudományos ismeretek alapján, mint a hátrányosnak tartott gazdasági következmények miatt [EEC, 1980⁵¹⁷].

⁵¹² Effect of human activity on atmospheric ozone. „The most suspicious group of compounds comprises the nitrogen oxides and various halogenated compounds [...] this subject cannot be regarded, however, as fully explored due to the complex nature of processes taking place in the atmosphere, with particular regard to stratospheric ozone.” (132-133. o.)

⁵¹³ „In late 1977 and early 1978, when Sweden and the United States issued the first restrictions on aerosol usage of CFCs, world production of CFC-11 and CFC-12 was 1550.5 million pounds per year, down from its pinnacle in 1974.” (267. o.)

⁵¹⁴ The Governing Council „considering that in the present state of scientific knowledge precautionary measures should be taken to limit global production and use, in particular, of the chlorofluorocarbons F-11 and F-12 and that investigations should be pursued into all chlorofluorocarbon emissions; [...] Recommends that Governments, especially those of countries where use of the F-11 and F-12 is high, should achieve significant reductions in use”

⁵¹⁵ Article 1: „1. Member States shall take all appropriate measures to ensure that industry situated in their territories does not increase its chlorofluorocarbon production capacity F-11 (CCl₃F) and F-12 (CCl₂F₂). 2. Member States shall take all appropriate measures to ensure that not later than 31 December 1981 industry situated in their territories achieves a reduction of at least 30 % compared with 1976 levels in the use of these chlorofluorocarbons in the filling of aerosol cans.”

⁵¹⁶ „With respect to the 30 percent aerosol reduction, European sales of CFCs for this purpose had, by 1980, already declined by over 28 percent from the 1976 peak year.” [Benedick, 1989: 45. o.]

⁵¹⁷ „At present there is nothing to indicate that CFCs have had a genuine effect on the ozone layer. [...] it is difficult to establish a direct quantitative correlation between the decrease of the ozone layer and the incidence of skin cancer.” (8., 11. o.) „A reduction of CFC-11/CFC-12 usage in aerosols going much beyond 30 % is also likely to cause socio-economic problems in the CFC producing and allied industry sectors” (21. o.)

- Hasonlóan felemás állásfoglalásra jutottak az Európa Tanács keretében: egyfelől elismerve az ózonréteget érintő kockázat lehetőségét, erre tekintettel egyes kezdeti intézkedések és a további kutatások szükségességét, másfelől felemlítve a freon-használat korlátozásának előnytelen társadalmi-gazdasági hatásait [CoE, 1980⁵¹⁸].
- Miután nyilvánvaló volt, hogy ekkor még nem érett meg az idő egy kötelező érvényű és az összes jelentősebb freontermelő ország által elfogadható szabályozásra, mindezen országok képviselői – a freon-hajtógázos szórópalackokra már bejelentett korlátozásokon túlmenően – csak a más célú freonfelhasználások, illetve a freonkibocsátások *önkéntes* csökkentéséről tudtak megegyezni a norvég kormány kezdeményezésére megtartott fórumon (Oslo, 1980. április 15.).

A felettébb ellentmondásos helyzet dacára 1981-től elindult egy nemzetközi megállapodás feltételes tervezése. Ezt azok az országok szorgalmazták, amelyekben a kutatók és a közvélemény részéről is megerősödött az ózonréteg veszélyeztetése miatti aggály, míg más országok képviselői – a tudományos bizonyítottság hiányára hivatkozva – továbbra is ellenezték, hogy nemzetközi kötelezettségeket írjanak elő a freonok alkalmazásának csökkentésére.

- Az UNEP Kormányzó Tanácsa 1981-ben már arról hozott döntést, hogy ki kell dolgozni egy egyezményt az ózonréteg védelmére és ennek előkészítésével meg kell bízni egy ad hoc szakértői munkacsoportot (AWG) [UNEP, 1981⁵¹⁹].
- Ekkortól négy nemzetközi testület foglalkozott az ózonréteggel összefüggő ismeretek gyarapításával és elemzésével: az intézményközi koordinációs bizottság (CCOL); az UNEP környezetjogi szakértői csoportja (a már létező és „mintának” tekinthető környezeti megállapodások elemzésével); a WMO ózonkutatási és megfigyelési projektjének szakértői csoportja, amely projektbe bekapcsolódott a NASA és az UNEP (GORMP)⁵²⁰; valamint az említett munkacsoport (AWG). Ez utóbbi is úgy kezdte meg a tevékenységét, hogy az addigi adatok alapján még nem volt kimutatható a légköri ózonmennyiség trendjellegű csökkenése [WMO-NASA, 1981⁵²¹].
- Az ózonvédelmi egyezmény kidolgozása nehézkesen indult és haladt. Az e feladatra életre hívott testület első találkozójáról készült beszámoló ekként jellemezte a vitát: egyetértés volt arról, hogy bár tisztázatlan az ózonréteg károsodásának lehetséges mértéke, mégis célszerű lehet elővigyázatos intézkedések megtétele, az álláspontok azonban nagyon különböztek arról, hogy ezekhez szükség van-e egy nemzetközi megállapodásra [Bojkov, 1982⁵²²].
- Az EGK-tagállamok – elsősorban brit és francia fenntartások miatt – legfeljebb egy általános megfogalmazású keretegyezményt lettek volna hajlandók támogatni, ezzel szemben a „Toronto csoport” tagjai már a freonok összes „nem lényeges” szórópalackos alkalmazásának mielőbbi betiltása mellett kardoskodtak [Doolittle, 1989: 420. o.; Schreurs,

⁵¹⁸ (5.) „Having taken note of the possible socio-economic implications of controlling the use of chlorofluorocarbons as revealed by OECD studies”

⁵¹⁹ The Governing Council „1. Decides to initiate work aimed at the elaboration of a global framework convention for the protection of the ozone layer; 2. Further decides to this end to establish an ad hoc working group of legal and technical experts nominated by interested Governments and intergovernmental organizations”

⁵²⁰ Global Ozone Research and Monitoring Project (GORMP)

⁵²¹ „Concerning ozone, the leading question is: are there long-term trends at any level which can be plausibly associated with photochemical factors? Although there have been attempts to answer this question for total ozone, the answers are still controversial.” (2-42. o.)

⁵²² „the meeting accepted that there is still uncertainty about the extent to which the ozone layer may be depleted [...]. However, disagreement was evident and views ranged from a strongly-worded Convention aimed at prohibition of chlorofluorocarbons, to the contention that no Convention was really necessary at this time.”

2003⁵²³]. A tárgyalásokon részt vevő fejlődő országbeli szakértők pedig országcsoportjuk sajátos helyzetének elismerését kérték (pl. a még nagyon alacsony szintű egy főre számított freon-használat miatt).

- Az ózonréteg antropogén veszélyeztetését a következő pár évben sem sikerült igazolni, „csak” elméleti modellekkel előrebeténi. 1984 végén az intézményközi koordinációs testület (CCOL) közreadta összesítő értékelését az addigi tudományos eredményekről [UNEP/CCOL, 1984], amelyből Robert T. Watson⁵²⁴ többek között kiemelte: „A teljes légköri ózonoszlop 1970-1980 közötti megfigyelései alapján nem mutatható ki semmilyen trend jellegű változás. [...] A 32-40 km közötti magasságban az ózonneménység csökkent az 1970-1980 közötti adatok statisztikai vizsgálata alapján, de a megfigyeléseket és a számításokat sok bizonytalanság övezi.”
- Az egyezményt előkészítő tárgyalások 1985 januárjáig tartottak. A résztvevők vitája és általuk összeállított végső tervezet is világosan tükrözte az addigi ismeretek eltérő értelmezéséből adódó helyzetet. A két nagy érdekcsoport (az EK/EGK-tagállamok csoportja és a „Torontó csoport”) nem tudott közös nevezőre jutni a freonok termelésének, használatának és környezeti kibocsátásának bármilyen korlátozásáról [UNEP/AWG, 1985⁵²⁵]. Emiatt az egyezmény tervezetéből kimaradtak a szabályozási rendelkezések, az azokat tartalmazó jegyzőkönyv-tervezetről pedig végletesen megoszlottak a vélemények. Így a bécsi kormányközi konferencia (1985. március 18-22.) napirendjén csak az egyezmény véglegesítése és elfogadása szerepelt, emellett egy határozat arról, hogy a freon-jegyzőkönyvről a tárgyalásokat folytatni kell [UNEP, 1985⁵²⁶].

3.2.3. A nagy fordulat: az „ózonlyuk” felfedezése

Másfél évtized telt el Crutzen „nitrogén-ózon” elméletének 1969-es közzététele után, illetve egy évtized a „freon-ózon” hipotézis felvetését – azaz Molina és Rowland „Nature”-ben közzétett tanulmányát – követően, amikor Joseph C. Farman, Brian G. Gardiner és Jonathan D. Shanklin 1984-ben ugyanahhoz a folyóirathoz benyújtotta írását az Antarktiszt feletti „ózonlyukról”. E jelenség kimutatásával fontos bizonyítékot szolgáltatott az antropogén ózonréteg-károsítás meglétéhez. A tanulmány 1985-ben jelent meg és hatással volt arra, hogy

⁵²³ „the Toronto group (the name deriving from the city where a meeting was held by the group), which included Canada, Finland, Norway, Sweden, Switzerland, and the US [...] advocated a worldwide ban on non-essential uses of CFCs in spray cans as well as other regulations. [...] An EC group, backed by Japan and the Soviet Union, strongly opposed this proposal. [...] The EC maintained that a total ban on CFCs in aerosols was jumping ahead of what current science warranted.” (128. o.)

⁵²⁴ Robert T. Watson az USA képviselője volt az egyezményt előkészítő munkacsoportban. Nagy szerepe volt az USA ózonvédelmi politikájának kialakításában és a nemzetközi egyezmény létrejöttében. Később ugyanilyen elkötelezettséggel foglalkozott az éghajlatváltozás problémájával is, többek között, mint az IPCC második elnöke.

⁵²⁵ (15.) *Expert from USA*: „Granted that scientific uncertainties were likely to remain for several years, it was necessary to consider what would be the consequences of delay resulting from [...] failure to take action now to prevent irreversible damage to the ozone layer.” (20.) *Expert speaking on behalf EEC countries*: „if countries had in future to curtail some uses of CFCs that could be accomplished in an orderly manner to minimize economic damage.” (29.) *Expert from Canada speaking on behalf of six countries* (‘Toronto group’): „He referred to the fact that the existing alternatives for the use of CFCs in refrigeration and foam plastics were costly, whereas for aerosol sprays effective alternatives did exist which were even less costly than CFCs. With regard to the EEC formulation of the control protocol, that approach was not advocated by the six countries”

⁵²⁶ Resolution on a Protocol Concerning Chlorofluorocarbons: The Conference „Recognizing the possibility that world-wide emissions and use fully-halogenated chlorofluorocarbons (CFCs) and other chlorine-containing substances can significantly deplete and otherwise modify the ozone layer [...] and recognizing at the same time the need to further assess possible modifications and their potentially adverse effects [...]. Determined therefore to continue negotiations on the development of a protocol to control equitably global production, emissions and use of CFCs”

konkrét beavatkozásokról folytatódjanak a nemzetközi egyeztetések a nem sokkal azelőtt elfogadott ózonvédelmi egyezmény csak feltételes és általános céljaihoz képest. Egy évtizeddel később, tehát 1995-ben az ózonréteggel, annak veszélyeztetésével foglalkozó tudományos tevékenységük eredményeinek elismeréseként Paul J. Crutzen, Mario J. Molina and Sherwood F. Rowland kémiai Nobel-díjban részesültek.

Az „ózonlyuk” ismétlődő megjelenését a felszínről folytatott megfigyeléseikkel majdnem ugyanúgy eltévesztették a kutatók, mint amiképpen ez történt a műholdas mérések esetében, mert a szokatlan adatokat először ők is mérési hibának vélték.

- A Nemzetközi Geofizikai Év programjának részeként 1957-től működő Globális Ózon Megfigyelő Rendszer egyik mérőegységét – a Brit Antarktisz Kutatóprogram támogatásával – az Antarktika Halley-öblében lévő jégtáblára telepítették. Szinte hihetetlen, hogy a fentebb említett 1979-es műholdas NASA mérésekhez hasonlóan, e felszínről elvégzett 1982. októberi mérések esetében is a kutatók a spektrofotométer valamilyen technikai hibájára gyanakodtak, mert a „szokásos” átlagos szintnél 40%-kal kisebbet mutatott a műszer a teljes ózonmennyiségre. Amikor a következő két évben ugyanilyen adatot kaptak és a korábbi adatsort újból ellenőrizték, kiderült, hogy 1977 óta tartott a negatív trend [Gilet, 2007⁵²⁷]. Ekkor fogadták el tényként e változást és vetették egybe a Freon-11 és Freon-12 légköri koncentrációinak emelkedésével. Arra a következtetésre jutottak, hogy éppen ez okozhatja a teljes légköri ózonmennyiség csökkenését [Farman et al., 1985⁵²⁸]. E megállapításokat a műholdak segítségével kapott korábbi (akkor hibásnak vélt) adatok felülvizsgálatával megerősítették. Az „ózonlyukat” ugyan a Déli Sarkvidék feletti sajátos magaslégtér viszonyok is okozzák, de az ózonréteg fogyását – ha nem is ennyire szélsőséges mértékben – másutt is kimutatták.
- „Heuréka-hatás”-nak is nevezhetnénk az „ózonlyuk” felfedezésének és az „ózon-freon” hipotézis megerősítésének környezetpolitikai következményeit, mert ezután felgyorsult az ózonréteg-védelmi együttműködés. Ennek eredményeit a következő pontban részletezzük, de itt előrebojtjuk két szakértő értékelését e fordulópontból. Diane M. Doolittle így fogalmazott: „Nem sokkal a Bécsi Egyezmény véglegesítése után brit tudósok közzétették a váratlan felfedezést az Antarktiszt feletti ózonrétegben talált lyukról. [...] kiderült, hogy (addig) az ózoncsökkenés problémáját komolyan alábecsülték és nyilvánvaló lett, hogy szigorúbb nemzetközi lépésekre van szükség” [Doolittle, 1989⁵²⁹]. Karen T. Litfin szerint: „Az antarktisi ózonlyuk felfedezése nagy pszichológiai és politikai hatású volt. [...] Az

⁵²⁷ „Joseph Farman had been collecting atmospheric data at Halley Bay, Antarctica since 1957. [...] In 1982, his ozone reading showed a dramatic dip – around 40%. Rather than being alarmed, he was skeptical of the data and thought it must be an instrument malfunction. [...] But the following year, Farman still found a drastic decline. He dug up his old data and found that the decline had really started back in 1977. Now Farman suspected that something odd was happening strictly over Halley Bay, leaving other areas unaffected. So the next year, his team took measurements from a location 1,000 miles northwest of Halley Bay. Even there, a large decline in ozone occurred. The mounting evidence was undeniable. Farman decided it was time to publish his data.” (10-11. o.)

⁵²⁸ „evident by observations that the spring values of total O₃ in Antarctica have now fallen considerably. [...] The present-day atmosphere differs most prominently from that of previous decades in the higher concentrations of halocarbons. Figure 2a shows the monthly mean total O₃ in October at Halley Bay, for 1957-84 [...]. Tropospheric concentrations of the halocarbons F-11 (CFCl₃) and F-12 (CF₂Cl₂) in the Southern Hemisphere are also shown, plotted to give greatest emphasis to a possible relationship.” (207-208. o.)

⁵²⁹ „Soon after the Vienna Convention was completed, the British scientists published an unexpected finding: there was a hole in the ozone layer over Antarctica. Environmentalists and politicians alike, who weeks before had thought they were well on their way to solving the ozone problem, found that the scientific estimates upon which they based their negotiations were much too conservative. [...] Once again, the problem of ozone depletion had been seriously underestimated. A more stringent, multilateral response was clearly needed.” (421-422. o.)

ózonlyuk drámai módon igazolta, hogy elővigyázatos intézkedésekre van szükség, amit ezt követően már nem lehetett ignorálni” [Litfin, 1994⁵³⁰].

Az új eredmények óriási lökést adtak az ózonréteg vizsgálatának, amelynek nemzetközi szervezeti keretei elsősorban az ENSZ leginkább érintett szakosított intézményeinek a támogatásával alakultak ki. (Olyan intézményekről van szó, mint az UNEP és a WMO, továbbá az UNIDO és a WHO, de említhető az ICSU több tagszervezete is.)

- Újabb és újabb tudósok vettek részt a megfigyelésekkel jobban összhangban álló magaslégtérbeli folyamatokat, fotokémiai reakciókat leíró modellek kidolgozásában, az ózonkárosító szintetikus vegyületek azonosításában, tulajdonságaik feltárásában, légköri kibocsátásaik becslésében. A kutatók tudomány- és nemzetközi kapcsolatai kiszélesedtek, intenzívebbé váltak és ezáltal tudtak jobban hatni az ózonréteg védelmét célzó környezetpolitika fejlődésére.
- A folyamatot jól érzékeltethetik a szervezeti fejlemények és az új „ózonjelentések”. Az UNEP és a WMO kezdeményezte a jelentések készítését, majd az ózonvédelmi egyezmény elfogadását követően ebbe más intézmények is bekapcsolódtak. Az 1985. évi jelentés már utalt ugyan – mint még tovább értelmezendőt – az antarktiszi ózoncsökkenést közreadó publikációra, de minden mérési eljárás esetében még jelezte az ózonmennyiség-trend meghatározását övező bizonytalanságokat [GORMP, 1985⁵³¹]. Éppen ezek elosztatása, a teljes ózontartalom és a magaslégtérbeli ózonkoncentráció mérési adatsorainak behatóbb elemzése érdekében 1986-ban öt szervezet intézményesítette az együttműködését a Nemzetközi Ózon Trend Testület létrehozásával (IOTP).⁵³² E testület elsődleges feladata lett az új mérési eredményekre támaszkodva az ózoncsökkenés folyamatának, okának tisztázása [IOTP, 1988⁵³³]. Az említett szervezeti koordinációs bizottság is folytatta a kutatási eredményeket szintetizáló tevékenységét, de az ózonegyezmény elfogadását követően már a konkrétabb intézkedések szakmai megalapozása érdekében. E bizottság 1986. évi találkozóján az UNEP képviselője úgy hivatkozott az „ózonlyuk” felfedezésére, hogy ez még sürgetőbbé tette a nemzetközi ózonvédelmi intézkedéseket [UNEP/CCOL, 1986⁵³⁴].

⁵³⁰ (4.) „One outstanding event that [...] had an overriding impact on all aspects of the problem, was the discovery of the Antarctic ozone hole, which not only pervaded the psychological and political milieu by heightening the status of scientific uncertainty but strongly influenced the political acceptability of specific modes of framing and interpreting the consensual knowledge at hand. The hole, I will argue, provided dramatic evidence in favor of precautionary action, evidence that participants could not ignore, despite their conscious decision to ignore it.”

⁵³¹ „(1) Global trend estimates of total ozone determined from the Dobson spectrophotometer network indicate little overall support for a statistically significant trend during the 14-year period 1970-1983. (2) Recent evidence has been presented that indicates a considerable decrease in Antarctic total ozone during the spring period since about 1968. [...] (4) Ozone trend estimates from 13 Umkehr stations indicate statistically significant negative trends from 1970 to 1980 in the middle stratosphere [...] The observational results are sensitive to the inclusion of a term to account for stratospheric aerosol impact on the measurements and the spatial distribution of the sites” (20. o.)

⁵³² Ozone Trends Panel formed by: National Aeronautics and Space Administration (NASA), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Federal Aviation Administration (FAA), World Meteorological Organization (WMO), United Nations Environment Program (UNEP)

⁵³³ „In 1985, two important reports of changes in atmospheric ozone were released. The first report was of a large, sudden, and unanticipated decrease in the abundance of springtime Antarctic ozone over the last decade. The second report, based on satellite data, was of large global-scale decreases since 1979 [...]. Ozone Trends Panel, which involved more than 100 scientists, to study the question of whether carefully re-evaluated ground-based and satellite data would support these findings.” (3. o.)

⁵³⁴ „Concern has been heightened by recent discoveries of stratospheric ozone depletion well in excess of predictions by current models. Perhaps, the most attention grabbing has been the 'ozone hole' over the Antarctic. A major campaign to examine this phenomenon indicates that a chemical explanation for the hole is possible, which if so must demand even more priority given to finalizing an effective protocol.”

Megjegyzendő, hogy bizonyos mértékig e két intézmény – a CCOL és az 1986-tól egy ideig tevékenykedő IOTP –, illetve a több szervezet által támogatott program, a GORMP jelentéseit összeállító tudóscsoport mintájára alakult meg 1988-ban az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC).

* * *

A „ózonprobléma” tudományos felismerésében és politikai elismerésében 1975-től egy évtizeden át tartó átmeneti időszakot a kétkedők és az elővigyázatosságra apellálók vitája és egyezkedése uralta, miközben – mint nem sokkal ezután kiderült – már javában folyt az ózonréteg károsodása. Amikor és ahogyan az „ózonlyuk” felfedezése és közismertté válása megtörtént, az eleinte nagyon óvatos válaszokat rövid időn belül sokkal konkrétabb nemzetközi célok váltották fel. Az ózonréteg-veszélyeztetés igencsak egyértelmű jelének, azaz a Déli Sarkvidék feletti „ózonlyuknak” az azonosítása áttörést eredményezett a nemzetközi ózonréteg-védelmi politikában, a válaszingázások kidolgozásában, majd végrehajtásában, amit környezeti „heuréka-hatás”-nak nevezünk. (Hasonló hatással járt a „savas esők” esetében a légkörbe kibocsátott kén-dioxid nagy távolságú terjedésének a kimutatása.). Az említett időszak fejleményei általánosabban is tanulságosak a tekintetben, hogy egyfelől mekkora a jelentősége és a politikára gyakorolt hatása a széles körű tudományos kooperációnak, a korrekt és lényegre törő tudományos kommunikációnak, másfelől viszont a társadalmi és technológiai „tehetetlenségnek”, illetve a gazdasági érdekeknek valamilyen „bejáratott” eszközök, eljárások alkalmazásában.

3.3. AZ ÓZONKÁROSÍTÁSNAK VÉGET KELL VETNI: A NEMZETKÖZI JOGI ESZKÖZÖK

Az ózonréteg védelmét célzó szabályozási folyamatban négy időbeli szakaszkezdet azonosítható – a Bécsi Ózonréteg-védelmi Egyezményhez, illetve Montreali Jegyzőkönyvéhez kötődően – a szabályozott vegyi anyagok szerint, azaz, hogy mikor és mely anyagok termelésének, felhasználásának és nemzetközi kereskedelmének korlátozása indult meg. Ezekre környezeti megfontolások, technológiai lehetőségek és társadalmi-gazdasági érdekek számításba vételével kerülhetett sor. Némi egyszerűsítéssel ezen időszak-kezdetek a következők: a „kemény-freonok” szabályozásának megindulása az 1985-ös egyezménnyel (CFC-szabályozás); 1992-től számíthatóan a „lágy-freonok” korlátozása (HCFC-szabályozás); a Montreali Jegyzőkönyv testületei által a „zöld-freonok” kibocsátáscsökkentésének elősegítése 1998-tól az ezekkel, mint üvegházhatású gázokkal foglalkozó klímapolitika keretében (HFC-szabályozás); 2016-tól ez utóbbi anyagokkal való törődés átvállalása avagy visszavállalása a Montreali Jegyzőkönyv újabb módosításával. Mindeközben más vegyi anyagok, így a halonok szabályozása is haladt a maga útján.

3.3.1. Az ózonrétegre veszélyes és veszélytelen anyagok

Az ózonkárosító anyagok esetében az ózonbontó képességük (potenciáljuk, ODP) veendő számításba, amit a Freon-11 ebbéli képességéhez (ODP=1) viszonyítva határoznak meg. Az ózonbontásban e vegyi anyagok klór és bróm összetevőjének van szerepe, és e hatásukat klóregyenértékben mérik (EESC)⁵³⁵. Ennek meghatározásában lényeges tényező, hogy az adott vegyi anyag molekulái átlagosan mennyi ideig tartózkodnak a légkörben és vesznek részt katalizátorként a sztratoszférában az ózonmolekulák bontásában.

⁵³⁵ Equivalent Effective Stratospheric Chlorine [GORMP, 2010: 5.9. o.]

A freonokat és a halonokat hasznosító eszközök, eljárások elterjedtek a világban, mert kevésbé hatékony vagy akár veszélyes korábbi alkalmazások helyébe léptek, valamint újszerű kényelmi szolgáltatásokat tettek lehetővé.

- Az elsőként előállított szintetikus anyagokat (freonokat, halonokat) világszerte elsősorban a következő célokra alkalmazták: szórófejes palackokban hajtógázként, hűtő- és klímaberendezések hűtőközegeként, tűzoltó készülékekben oltóanyagként, habosított műanyagok készítéséhez [UNEP, 2020: 34. o.]. Idővel e vegyi anyagok kevésbé ózonkárosító, átmeneti helyettesítésére új anyagokat fejlesztettek ki és vezettek be, miközben más célokra is előnyösnek találták a különféle halogénezett anyagokat (pl. „száraz” tisztítószerkezhöz vagy a metil-kloroformot oldószerként, a metil-bromidot pedig mezőgazdasági kártevők elleni védekezésben).
- Az 1980-as években e vegyi anyagok jórészt néhány fejlett ország vegyi üzeméből kerültek ki (USA, Franciaország, Egyesült Királyság, Japán). Később ezek és helyettesítőik jelentősebb mennyiségének előállításában és nemzetközi kereskedelmében indiai, kínai és orosz cégek is részt vettek.
- Amikor az ózonréteg veszélyeztetését még több megfigyelési adat és tudományos elemzés igazolta, akkor vált egyértelművé, hogy mielőbb teljességgel „ózonbarát” anyagokra vagy technológiákra kellene áttérni.

Az ózonréteg védelmének érdekében szabályozott anyagok főbb csoportjait vesszük sorra az alábbiakban, a Montreali Jegyzőkönyvet 1987-től kiegészítő mellékletek alapján [UNEP, 2020].

- *A telített freonok* avagy „kemény” freonok, amelyek a szénatom mellett csak fluor- és klóratomokból állnak (CFC-csoport). Az említett két freonon kívül előbb három másik, majd tíz további ilyen freont is szintetizáltak és kezdtek hasznosítani.⁵³⁶ Ezek az anyagok hosszú időn át a légkörben maradnak (a Freon-12 mintegy száz éven át), és mindegyik ózonbontó potenciálja a Freon-11-ével egyezik meg vagy annál csak valamivel kisebb. Emiatt a lehető mielőbbi kiváltásukról sikerült megegyezni. Így a hűtő- és légkondicionáló berendezésekben elterjedten használt Freon-12 (CFC-12) és Freon-115 (CFC-115) helyett átmenetileg egy telítetlen freonra (HCFC-22) tértek át, majd az ózonra már veszélytelen „zöld” freonra (HFC-134a).
- *A telítetlen freonok*: e „lágy” freonoknak hidrogénatom-összetevője is van és ennek betudhatóan sokkal kevésbé ártalmasak az ózonrétegre (HCFC-csoport: 40-féle anyag).⁵³⁷ Többségük ózonbontó tényezője a telített freonokénak csak a századrésze.⁵³⁸ Ezek sorában a hűtő- és légkondicionáló berendezésekben is alkalmazott Freon-11 vagy a Freon-12, Freon-115 hűtőközeg átmeneti helyettesítésére szánt HCFC-22 globális termelése egy évtizeddel ezelőtt megközelítette az évi egymillió tonnát.
- *A halonok* tűzoltó szerként (oltóanyagként) kiváló hatásúnak mutatkoztak, de e vegyi anyagok elsőként szintetizált és elterjedt változatai (telített halonok) az ózonrétegbe feljutva

⁵³⁶ Montreal Protocol, Annex A, Group I; Annex B Group I [UNEP, 2020]

⁵³⁷ E vegyi anyagok a molekuláik hidrogénatomja(i) miatt már a troposzférában kémiai reakcióba lépnek az ott található – a napsugárzás hatására nagy koncentrációban létrejövő – hidroxil-gyökkel (OH-gyökkel), így sokkal rövidebb a légköri tartózkodási idejük és egyúttal az ózonkárosító hatásuk, más szóval e vegyi anyagok jórészt nem jutnak túl a számukra „nyelőként” viselkedő troposzférán. [Salma, 2012]

⁵³⁸ Montreal Protocol, Annex C, Group I [UNEP, 2020]; pl.: HCFC-22: CHClF₂

- a brómatom-összetevő miatt – a freonoknál sokkal ártalmasabbaknak bizonyultak az igencsak magas ózonbontó potenciáljuk miatt (BFC-csoport).⁵³⁹
- *A kevésbé ózonkárosító halonok* – a telítetlen freonokhoz hasonlóan – hidrogénatomot is magukban foglalnak és így veszélytelenebbek az ózonrétegre, miközben némelyiknek a fent említettekéhez jórészt hasonló a tűzoltási hatékonysága. (E HBFC-csoportba 34 anyag tartozik).⁵⁴⁰
- *Más ózonkárosítók.* A fenti csoportokba nem besorolt néhány vegyi anyagra idővel kiterjesztették az ózonvédelmi szabályozást. Ezek közé tartoznak: a tűzoltásra és hűtőanyagként alkalmazott szén-tetraklorid; a többek között oldó- és tisztítószerként használt metil-kloroform (1,1,1-triklóretán); a bróm-klórmétán tűzoltó anyag (a szén-tetraklorid helyettesítésére kifejlesztett, annál jóval kevésbé ózonkárosító és egyúttal kevésbé toxikus anyag); valamint az elsősorban növényvédő, termény- és talajfertőtlenítő szerként forgalmazott metil-bromid.⁵⁴¹
- *A teljességgel „ózonbarát” anyagok,* a „zöld freonok” végül a klór- és brómmentes vegyületek lettek, amelyek ebből fakadóan már nem fejtettek ki semmilyen „ózonbontó” hatást (HFC-csoport: 18-féle anyag).⁵⁴² Ezek látszottak tehát a legmegfelelőbbeknek a többé vagy kevésbé ózonkárosító anyagok helyettesítésére. A különösen ózonkárosító halon-1301 oltóanyag helyett a tűzvédelmi szempontból „kényes” területeken hatásosnak bizonyult a HFC-125 (mígnem ezzel is gond támadt a jelentékeny üvegházhatása miatt). Az ózonrétegre ártalmatlan perfluor-karbon vegyi anyagok jól alkalmazhatók lettek tűzoltóanyagként és a félvezetőgyártásban (PFC-k).

3.3.2. Az ózonkárosító anyagok fokozatos kiváltása: tudomány, technológia, politika

Az ózonréteg védelméhez előbb meg kellett válni a nagy ózonbontó képességű anyagoktól, majd az átmeneti helyettesítésükre bevezetett kevésbé ózonkárosítóktól is. Az erre irányuló elköteleződés, azaz a nemzetközi szabályozás szigorítása, kiterjesztése az ok-okozati összefüggések egyértelmű igazolásának, továbbá a kevésbé káros anyagok és technológiák elérhetőségének volt a függvénye.

A „Bécsi egyezmény az ózonréteg védelméről” (1985) az elnevezésével is részint ellentétben – konszenzus híján – még azt a kérdést is nyitva hagyta, hogy egyáltalán meg kell-e óvni az ózonréteget az azt módosító vagy csak *valószínűsíthetően* módosító emberi tevékenységekből és az azokból eredő vagy *valószínűsíthetően* eredő káros hatásoktól [VCPO, 1985⁵⁴³]. Az egyezmény előrevetítette, hogy milyen módon kellene majd a szabályozás terén továbblépni, ha és amikor pontosabb tudományos eredmények állnak rendelkezésre.

⁵³⁹ Montreal Protocol, Annex A, Group II: halon-1211 (ODP=3), halon-1301 (ODP=10), halon-2402 (ODP=6) [UNEP, 2020]

⁵⁴⁰ Montreal Protocol, Annex C, Group II [UNEP, 2020]; pl.: HBFC-22B1 (CHF₂Br, ODP=0.74)

⁵⁴¹ Montreal Protocol, Annex B, Group II: carbon tetrachloride (CCl₄, ODP=1.1); Annex B, Group III: methyl chloroform (1,1,1-trichloroethane, C₂H₃Cl₃, ODP=0.1); Annex C, Group III: bromochloromethane (CH₂BrCl, ODP=0.12); Annex E, Group I: methyl bromide (CH₃Br, ODP=0.6) [UNEP, 2020]

⁵⁴² Montreal Protocol, Annex F, Group I; Annex F, Group II [UNEP, 2020]

⁵⁴³ Article 2: General obligations „1. The Parties shall take appropriate measures [...] to protect human health and the environment against adverse effects resulting or *likely* to result from human activities which modify or are *likely* to modify the ozone layer. 2. To this end the Parties shall [...] (b) Adopt appropriate legislative or administrative measures and co-operate in harmonizing appropriate policies to control, limit, reduce or prevent human activities under their jurisdiction or control should it be found that these activities have or are *likely* to have adverse effects resulting from modification or *likely* modification of the ozone layer”

- Olybá tűnt, mintha az 1977. évi nemzetközi ózonvédelmi terv elfogadása óta semmi sem változott volna az elővigyázatosságot képviselők és azok véleménye között, akik a tudományos bizonyítottság hiányát és a freonok hasznosságát hangoztatták [Parson, 2003⁵⁴⁴]. Az esetleges konkrétabb teendőkről szóló határozat szerint mégis folytatni kellett a tárgyalásokat az egyezmény leendő jegyzőkönyvéről egy új szakértői munkacsoport – „Bécsi csoport”⁵⁴⁵ – közreműködésével, bár e határozat szerint is tisztázandó maradt a káros hatások megléte, azaz annak a *lehetősége*, hogy a számításba vett anyagok kibocsátásai ártanak az ózonrétegnek [UNEP, 1985: 8. o.]. Óvatos megfogalmazásai ellenére az ózonegyezmény elfogadása Alexandre Ch. Kiss (Kiss S. Károly) szerint fontos jelzés volt a környezetjogászok számára is, mert világossá tette, hogy nagyobb figyelmet kell szentelniük a *nemzetközi* környezeti problémáknak, mert azok nem oldhatók meg a hagyományos jogi eszközökkel [Kiss, 1985⁵⁴⁶].
- A kompromisszumok jegyében az egyezmény mégiscsak utalt arra, hogy vizsgálni kell azokat az anyagokat, amelyek hatással *lehetnek* az ózonrétegre, és amelyek termelésének, illetve felhasználásának korlátozása, más anyagokkal való helyettesítése majd megfontolandó. Ezek között olyan vegyi anyagokat értettek, mint a Freon-11 és a Freon-12, egyes telítetlen freonok (HCFC-k) és a halonok („teljesen halogénezett alkánok”) közül például a Halon-1301, ha még nem is ezzel a megjelöléssel.⁵⁴⁷
- Tegyük időrendben egymás után, amire fentebb utaltunk. Farman és kollégái 1984 novemberében küldték meg a kéziratot az „ózonlyukról” a *Nature* folyóiratnak; az általános és feltételes megfogalmazású ózonvédelmi egyezményt előkészítő szakértői tárgyalások 1985 januárjában fejeződtek be, és vélhetően az „ózonlyuk” felfedezése még az egyezmény 1985. márciusi elfogadásakor sem volt ismert a kormányzati delegációk előtt, az említett tudományos közlemény ugyanis 1985. május 16-án látott napvilágot [Farman et al., 1985]. Feltehetően ettől függetlenül 1985. május 24-én fogadták el a „freon-jegyzőkönyv” kidolgozását sürgető UNEP-határozatot.⁵⁴⁸

Az ózonréteg védelmét célzó nemzetközi egyeztetések 1985 után új szakaszba léptek: előbb a nagy ózombontó képességű anyagok, majd a telítetlen freonok és más ózonkárosítók szabályozásával az „ózonbarát” helyettesítőkre való áttérés előmozdítása érdekében.

⁵⁴⁴ 5.2. International negotiations to the Vienna Convention, 1982-1985: „The Vienna Convention represented an exhausted compromise containing no substantive provisions beyond those agreed in 1977 plan of action. [...] The Convention offered so little concrete benefit that the strongest argument the U.S. State Department could find to urge a favorable Senate vote was that it might encourage the Soviet Union finally to release their CFC production data.”

⁵⁴⁵ „Vienna Group”: Ad Hoc Working Group of Legal and Technical Experts for the Preparation of the Protocol on Chlorofluorocarbons

⁵⁴⁶ „Les récents développements concernant la protection de l'atmosphère, voire de la stratosphère interpellent les juristes. Dans l'ensemble, on a l'impression d'un certain retard du droit par rapport aux réalités écologiques. Pourtant, aucun domaine juridique ne s'est développé aussi rapidement au cours des dernières décennies que le droit de l'environnement. Sans doute doit-on rattraper une longue période d'ignorance et d'insouciance où seul comptait la production de biens. [...] Toutefois, le droit traditionnel est aussi désarmé devant les phénomènes où les liens de causalité entre actes polluants et effets de pollutions ne peuvent être établis que sur un plan collectif, sans que le mécanisme habituel règle-infraction-responsabilité puisse jouer.” (821-822. o.)

⁵⁴⁷ Annex I „4. The following chemical substances of natural and anthropogenic origin, not listed in order of priority, are thought to have the potential to modify the chemical and physical properties of the ozone layer. [...] (c) Chlorine substances. (i) Fully halogenated alkanes, e.g. CCl₄, CFCl₃ (CFC-11), CF₂Cl₂ (CFC-12), C₂F₃Cl₃ (CFC-113), C₂F₄Cl₂ (CFC-114). [...] (ii) Partially halogenated alkanes, e.g. [...] CHF₂Cl (CFC-22), CH₃CCl₃, CHFCl₂ (CFC-21). [...] (d) Bromine substances. Fully halogenated alkanes, e.g. CF₃Br.

⁵⁴⁸ UNEP/GC 13/18. számú határozat I. része az ózonréteg védelméről (UNEP/GC report on its 13th session, pp. 51-52)

- Az egyezményt rövid idő belül követő főbb tudományos együttműködési fejleményekre már utaltunk (GORMP, 1985-; UNEP/CCOL, 1986-; IOTP, 1986-), és ezek nyomán 1986 végétől felgyorsultak az események olyannyira, hogy a „Bécsi csoport” kilenc hónap alatt megegyezett az újabb jogi eszköz szövegéről és azt jóváhagyták a kormányok képviselői 1987. szeptember 16-án a Montrealban megtartott konferencián. Ebben az egyeztetési folyamatban a vita már alapvetően nem az ózonréteg veszélyeztetésének bizonyítottsága körül folyt, hanem arról, hogy mely ózonkárosítók termelését, felhasználását és nemzetközi kereskedelmét kellene mielőbb korlátozni. Egy 1994. évi ENSZ-közgyűlési határozat alapján szeptember 16. lett az ózonréteg megőrzésének világnapja, azaz az „Ózon Világnap”.⁵⁴⁹
- A Montreali Jegyzőkönyv az akkor legnagyobb mértékben előállított és alkalmazott halogénezett anyagokra tartalmazott előírásokat: ötféle freon termelésének és felhasználásának mérséklését írta elő (1999-re az 1986. évi mennyiség 50%-os csökkentését), háromféle halonra pedig első lépésként előállításuk és felhasználásuk emelkedésének elkerülését néhány évig [VCPO/MP, 1987⁵⁵⁰]. E korlátozások a freonok és a halonok esetében az összesített ózonkárosító hatásuk szabályozására vonatkoztak (az összesítéshez az „ózonbontó potenciálokkal” számoltak). Figyelembe vették a fejlődő országok sajátos helyzetét, hiszen többségük nem termelt ilyen anyagokat, és az egy főre vetített felhasználásuk is alacsony szintű volt.
- Az újabb nemzetközi szakértői értékelő jelentésekből még jobban kitűntek az ózonréteg változásának antropogén okai, továbbá az ózoncsökkenés káros egészségi és más következményeinek előrejelzése is megtette a maga hatását [IOTP 1988⁵⁵¹; GORMP, 1989, 1991⁵⁵²; UNEP, 1989, 1991]. E kutatásokban való részvételről az ICSU környezeti problémákkal foglalkozó tudományos bizottsága is határozott: az ennek részleteit egyeztető tanácskozást Budapesten tartották Rontó Györgyi (SOTE) és Tigyi József (ICSU/IUPAB-főtitkár) meghívására [ICSU/SCOPE, 1992⁵⁵³].
- A szakértők kifejezetten ajánlatosnak tartották a már részben szabályozott ózonkárosító anyagok kibocsátásának fokozottabb csökkentését, illetve mielőbbi teljes megszüntetését.⁵⁵⁴ Az 1992. júniusi fenntartható fejlődési világtalálkozón is egyetértés volt arról, hogy további lépésekre van szükség az ózonréteg védelmére [UN, 1992⁵⁵⁵].



⁵⁴⁹ Ennek alkalmából foglalta össze az addigi nemzetközi és hazai fejlemények lényegét Tóth Róbert „Szeptember 16. a stratoszférikus ózon világnapja” címmel. (Légekör, 1998/03, 7-10. o.)

⁵⁵⁰ Annex A - Controlled substances. Freons: CFC-11, CFC-12, CFC-113, CFC-114, CFC-115; Halons: Halon-1211, Halon-1301, Halon-2402

⁵⁵¹ Changes in column ozone: „The observed changes may be due wholly, or in part, to the increased atmospheric abundance of trace gases, primarily CFC's.” (4. o.)

⁵⁵² „Recent laboratory research and reinterpretation of field measurements have strengthened the evidence that the Antarctic ozone hole is primarily due to chlorine- and bromine-containing chemicals. In addition, the weight of evidence suggests that the observed middle and high-latitude ozone losses are largely due to chlorine and bromine. Therefore, as the atmospheric abundances of chlorine and bromine increase in the future, significant additional losses of ozone are expected at middle latitudes and in the Arctic.” (xi. o.)

⁵⁵³ „The purpose of the workshop was twofold: (a) to discuss the current state of knowledge of the effects of the thinning of the stratospheric ozone layer on terrestrial plants, aquatic systems, animal and human health, and biogeochemical cycles, as well as the instrumentation used to monitor and measure UV-B radiation, and (b) to draft a research plan to implement the research priorities in the these areas of investigation.” (8. o.)

⁵⁵⁴ „Lowering the peak and hastening the subsequent decline of chlorine and bromine levels can be accomplished in a variety of ways, including an accelerated phase-out of controlled substances and limitations on currently uncontrolled halocarbons.” [GORMP, 1991: xvii. o.]

⁵⁵⁵ (9.22.): „the total chlorine loading of the atmosphere of ozone-depleting substances has continued to rise.” (9.24.c.): „consider further actions that prove warranted and feasible on the basis of these assessments”

- Mindezek nyomán megerősödött az elkötelezettség az összes telített freontól, a három erősen ózonkárosító hatású halontól, valamint a szén-tetrakloridtól és a metil-kloroformtól való megváltás mellett. Ezt tükrözték a Montreali Jegyzőkönyvben részes felek 1990. évi londoni és 1992. évi koppenhágai határozatai, amelyek értelmében e halonok termelésével és felhasználásával fel kellett hagyni 1994-től, az itt említett többi anyag esetében pedig 1996-tól (néhány kivételtől eltekintve).⁵⁵⁶ A fejlődő országok több évvel később teljesíthették e kötelezettségeket, és ebbéli feladataik támogatására létrehoztak egy pénzügyi alapot.⁵⁵⁷
- A műszaki fejlesztések támogatására, eredményeik meghonosításának elősegítésére más nemzetközi szervezetek is nyitottak mutatkoztak (UNDP, UNIDO, WB). Úgy a korlátozó előírások betartása, mint a pénzügyi alaphoz való hozzájárulás viszont komoly nehézséget okozott a közép- és kelet-európai „átalakuló gazdaságú” országok többségének [UNEP, 1996⁵⁵⁸; Faragó, 2012].
- Az érintett alkalmazásokban kevésbé ózonkárosító anyagokra és eljárásokra lett szükség. A hajtógázos szórópalackok esetében viszonylag gyorsan megváltak a freon használatától (leszámítva pl. egyes gyógyászati felhasználásokat). A hűtőgépeknél nagyobb gondot jelentett az új hűtőközegekre való áttérés, és emiatt lett lényeges az elhasznált vagy a javítandó készülékeknél annak elkerülése, hogy a freon a légkörbe kerüljön. E fejlesztésekbe olyan intézmények is bekapcsolódtak, mint a hűtéstechikára szakosodott, 1920-ban alapított párizsi székhelyű nemzetközi intézet (IIR/IIF).⁵⁵⁹ Különösen nehezen megoldható feladatnak látszott a mezőgazdaságban elterjedten használt metil-bromid kiváltása vagy a repülőgépeknél a hordozható tűzoltó készülékek addigi halonos oltóanyagának a helyettesítése [Tapscott, 1992⁵⁶⁰].

Csak átmeneti helyettesítőknek szánták a telítetlen freonokat és az ugyancsak kevésbé ózonkárosító halonokat a kivonásra ítélt „elődek” helyett, majd 1992-től ezek alkalmazásának és termelésének korlátozása is megkezdődött.

- Az ózonkárosítási folyamat nyomon követésére és a lehetséges további ózonvédelmi beavatkozások azonosítására a Montreali Jegyzőkönyv égisze alatt is szakértői bizottságokat hoztak létre. Ilyen lett a Tudományos Értékelő Testület (SAP), a Környezeti Hatásértékelő Testület (EEAP), a Technológiai és Gazdasági Értékelő Testület (TEAP), amelyek időszakonként összefoglalták a részes felek számára a legfontosabb tudományos és műszaki-fejlesztési eredményeket.⁵⁶¹ Specifikus kérdésekre szakosodott bizottságok is működtek, mint a halonok kiváltásának lehetőségeit felmérő bizottság.⁵⁶²
- Az UNEP és a WMO által korábban kialakított nemzetközi tudományos együttműködés folytatódott és ennek révén is az ózonréteg súlyosbodó helyzetéről értékelések készültek néhány évenként, így 1994-ben, 1998-ban, majd 2006-ban. Az utóbbi jelentésben már utaltak arra, hogy a magaslégköri ózonkoncentráció-csökkenés abbamaradt miközben a telítetlen

⁵⁵⁶ Adjustments and Amendments to the Montreal Protocol: London, 1990, Copenhagen, 1992

⁵⁵⁷ Multilateral Fund for the Implementation of the Montreal Protocol

⁵⁵⁸ A Montreali Jegyzőkönyv egyik szakértői testületének (TEAP) munkacsoportja vizsgálta 1994-1996 között ezen országok helyzetét és tett ajánlásokat, hogy miképpen segíthető elő számukra az előírások teljesítése. E csoport tagja volt Dobó László (társelnök) és Tóth Róbert, mindketten az akkori környezetvédelmi minisztérium munkatársaiként.

⁵⁵⁹ International Institute of Refrigeration / Institute International du Froid

⁵⁶⁰ Az ilyen és más különösen „érzékeny” helyeken a tűzoltásban átmeneti helyettesítő lett a Halon-1301 és a Halon-1211, amelyeket később az „ózonbarát” (de nem „klímabarát”) HFC-134a tűzoltóanyaggal kezdték kiváltani.

⁵⁶¹ Scientific Assessment Panel, Environmental Effects Assessment Panel, Technology and Economic Assessment Panel

⁵⁶² Halons Technical Options Committee

freonok légköri mennyisége még mindig növekedett, és emiatt az ózonréteg „begyógyulása” későbbre lett várható a korábbi becslésekhez képest [GORMP, 2006⁵⁶³]. Ebből és más testületek megállapításaiból egyenesen adódott a következtetés, hogy az ideiglenes megoldásként alkalmazott vegyi anyagokon is gyorsított ütemben „túl kell lépni”.

- Az átmeneti helyettesítésre szánt vegyi anyagok nemzetközi szabályozási időszaka másfél évtizeden át tartott. A tárgyaló felek először az 1992. évi koppenhágai találkozójukon egyeztettek a helyettesítő anyagokról, köztük a „lágý” freonok korlátozásáról (ez tehát a „HCFC-szabályozás” kezdete). E téma napirenden volt az 1995. évi bécsi, az 1997-es montreali, az 1999-es pekingi és 2007. évi újabb montreali találkozón. 1995-ben arról rendelkeztek, hogy a telítetlen halonok 1996-tól nem állíthatók elő és nem használhatók. 2007-ben pedig abban állapodtak meg, hogy a telítetlen freonok termelésének és alkalmazásának is véget kell vetni 2020-tól; erre a fejlődő országok plusz egy évtizednyi haladékot kaptak. Néhány kivételről szintén megegyeztek.⁵⁶⁴ (Arról is döntöttek, hogy a tűzoltóanyagként alkalmazott bróm-klórmetántól 2002-ig, a termény- és talajfertőtlenítő metil-bromidtól 2015-ig bezárólag kell megvárni; ez utóbbiból az 1990-es évek végén mintegy hetvenezer tonnát használtak évente.)

Hazánkban is nagyobb figyelem övezte az ózonréteg-problémát az 1980-as évek végétől azt követően, hogy 1988-ban megtörtént a csatlakozás a bécsi egyezményhez és rá egy évre annak montreali jegyzőkönyvéhez.⁵⁶⁵

- A hazai mérések és elemzések igazolták, hogy a veszélyes változások folyamatban vannak [Loksa, 1991⁵⁶⁶; Bozó, 1991; Rontó et al., 1993⁵⁶⁷; Tóth, 2000; Faragó, 2001]. Majd újabb tudományos közlemények segítettek e globális környezeti témában való eligazodást [Kerényi, 2003: 323-330. o.; Tóth, 2007; Haszpra, 2011a; Salma, 2012; Homonnai et al., 2013; Várai et al., 2015; Antal, 2016; Faragó, 2016]. Külön is említendő a megemelkedett szintű ultraibolya sugárzásból adódó egészségi ártalmak kifejtése [Páldy, 2016; Antal, Páldy & Tóth, 2019].
- Ezek nyomán, illetve hatására javaslatok születtek a nemzetközi előírások teljesítésére [Rontó et al., 1993: 12. o.; Faragó, 2002; Nagy et al., 2003; Tóth, 2005]. A kormányzati intézkedések – kezdve egy 1993. évi miniszteri rendelettel⁵⁶⁸ – és az ózonréteg-védelmi feladatok részei lettek a környezetvédelmi programoknak, így már az elsőnek [NKP-1, 1997]

⁵⁶³ „Long-term recovery of the ozone layer from the effects of ozone-depleting substances is expected to span much of the 21st century and is estimated to occur later than projected in the previous Assessment (2002). [...] This projected later date primarily results from (i) an increase in CFC-11 and CFC-12 emissions due to the larger recent estimates of amounts currently contained in equipment and products (banks) and (ii) an increase in HCFC-22 emissions due to larger estimated future production” (xxxv. o.)

⁵⁶⁴ „possible essential use exemptions”, „basic domestic needs”

⁵⁶⁵ Gajzágó Éva már 1987-ben „Lyuk a Föld ózonburkán” című írásában összefoglalta az ózonréteg veszélyeztetéséről szóló akkori főbb ismereteket és a Montreali Jegyzőkönyv célkitűzéseit. (Élet és Tudomány, 49., 1539-1541)

⁵⁶⁶ (A budapesti ózonmérő állomáson) „mért teljes ózon-tartalom 20-éves adatsorában csökkenés közvetlenül nem tapasztalható. Az április havi negatív trend viszont kisebb ózon csökkenésre utal. Valószínűnek tűnik, hogy az Északi-sarkvidék peremterületein, így esetleg Közép-Európában is ilyen változásokat a jövőben egyre jelentősebb mértékben fognak regisztrálni.” (109. o.)

⁵⁶⁷ „a mérsékelt szélességeken a 70-es, 80-as években csak egy meglehetősen lassú ózoncsökkenés jelentkezett. Magyarország fölött a csökkenés mértéke 10 évenként 1,7%-ot tett ki. 1992 elején ez a helyzet ugrásszerűen megváltozott, és a korábbi ózonszinthez képest 10 százalék körüli tartós ózonhiány alakult ki.” (4. o.)

⁵⁶⁸ E nemzetközi megállapodásokhoz való csatlakozást a végrehajtásukhoz szükséges szabályozás követte kezdve egy miniszteri rendelettel (22/1993 KTM rendelet), majd azt „felváltó” kormányrendelettel az ózonréteget károsító anyagokról, kitérve azok gyártására, nemzetközi kereskedelmére, felhasználására, visszagyűjtésére, újrafeldolgozására, regenerálására és ártalmatlanítására is (94/2003 Korm. rendelet).

és jelenleg érvényes ötödik programnak is [NKP-5, 2021⁵⁶⁹]. A vállalások végrehajtásához – így egyebek mellett a régebbi hűtőszekrények javításakor vagy a használatból kivont tűzoltó készülékekből „kikerülő” freonok, illetve halonok ártalmatlanításához – eleinte hozzájárult a Globális Környezeti Alaptól elnyert támogatás [Dobó et al., 1998; Pató & Faragó, 2004].⁵⁷⁰

Úgy tűnt, hogy 2030-ra véget érhet az ózonpajzs veszélyeztetésének története legalábbis az ezt közvetlenül okozó antropogén tevékenységekkel való végleges felhagyásé.

- Ennek alapvető feltétele volt és maradt, hogy minden ország elfogadja és be is tartsa a Montreali Jegyzőkönyv többször szigorított előírásait, de egyebek mellett az is, hogy folytatódjon a klór- és brómmentes „ózonbarát” vegyi anyagok kikísérletezése és az azokra való áttérés.
- Mindenesetre reménykeltő volt, hogy az ezredfordulón már megmutatkoztak az antarktisi ózonréteg esetében a „gyógyulás” első jelei [Solomon et al., 2016⁵⁷¹].

3.3.3. A globális „ózonprobléma” megoldása és áttérhelése

Az ózonréteg-védelmi egyezmény és jegyzőkönyvének kidolgozása során felmerült az ezek által tárgyalt anyagoknak az éghajlatot érintő hatása is, hiszen azoknak jelentős a légköri üvegházhatása. Az ózonkárosító anyagok nemzetközi szabályozása során azonban hosszú időn át csak arra voltak tekintettel, hogy – az azokat kiváltó, helyettesítő anyagok, eljárások kidolgozásának, bevezetésük gazdaságossági feltételeinek függvényében – mielőbb abbamaradjon az ózonréteg emberi tevékenységek általi veszélyeztetése. Ez a törekvés viszont egy másik veszélyes folyamat megerősödésével járt együtt, amelynek a mérséklése az éghajlatváltozásról szóló 1992. évi egyezmény és az azt kiegészítő újabb megállapodások célkitűzése lett. A teljességgel „ózonbarát”, de számottevő üvegházhatással, azaz globális melegítő képességgel (GWP)⁵⁷² rendelkező „zöld freonok” ügyében – az említett egyezmény Kiotói Jegyzőkönyvének 1997. évi elfogadását követően – 1998-tól vállalták az ózonréteg-védelmi Montreali Jegyzőkönyv testületei az e vegyi anyagokra is kiterjedő klímapolitikai intézkedések elősegítését. (Ez utóbbi jegyzőkönyvhöz kötődően ez már a „HFC-szabályozásban” való közreműködési szándékot jelezte, mert erre még nem volt meg a készség 1992-ben, amikor véglegessé vált az éghajlatvédelmi egyezmény.)

Az ózonkárosító anyagoknak és magának az ózonnak az üvegházhatása régóta tudott volt, és már az 1970-es évektől felmerült e hatás számításba vétele is.

- Az ózonréteggel kapcsolatos együttműködés kezdetét jelentő világprogram utalt arra, hogy fel kell mérni a légköri ózon és az ózonkárosítók mennyiségében, eloszlásában végbemenő változásoknak az éghajlatot érintő hatását [UNEP, 1977⁵⁷³]. A helyzetértékelések elkészítésére létrehozott testület megerősítette, hogy erre az összefüggésre is figyelemmel

⁵⁶⁹ „LEV-6: (c) Az ózonkárosító anyagok felhasználásának megszüntetése az egyezményekben elfogadott határidők betartásával.” [NKP-1, 1997] „Az ózonkárosító anyagok felhasználásának teljes visszaszorítása; a termékekben, berendezésekben lévő ózonkárosító anyagok légkörbe jutásának megakadályozása: a fluorozott szénhidrogének (HFC-k) mennyiségének 79%-kal való csökkentése 2015-2030 között.” [NKP-5, 2021] (tervezet, 80. o.)

⁵⁷⁰ Global Environment Facility: „Hungary Phase-out of Ozone Depleting Substances Project” (1995-1998). E kötet szerzője 1993-tól lett e nemzetközi szervezettel való hazai együttműködés koordinátora, és megfelelő felhatalmazással részt vehetett a GEF tanácsának és közgyűlésének ülészeit 2010-ig.

⁵⁷¹ „Industrial chlorofluorocarbons that cause ozone depletion have been phased out under the Montreal Protocol. [...] Observations and model calculations taken together indicate that the onset of healing of Antarctic ozone loss has now emerged in September. Fingerprints of September healing since 2000 are identified” (269. o.)

⁵⁷² GWP: Global Warming Potential

⁵⁷³ Effects on climate. „Further develop modelling capacity to assess the effects of ozone changes and also those CFMs and other compounds with similar effects on the earth’s radiation balance and the global climate.” (8. o.)

kell lenni, miközben már folytak a leendő ózonréteg-védelmi egyezmény előkészületei [UNEP/CCOL, 1983⁵⁷⁴].

- Az „ózonegyezmény”, majd jegyzőkönyvének elfogadása után a szigorúbb rendelkezések előkészítése során még több szó esett a freon- és a halon-kibocsátások potenciális éghajlatmódosító szerepéről [UNEP/CCOL, 1986; GORMP 1989]. Ez sokáig majdhogynem mellékes szempont maradt, mert az ózonréteg veszélyeztetése és a felszínre érkező ultraibolya sugárzásnövekedés ártalmait miatti aggodalmakra tekintettel elsődleges lett az ózonréteg megmentése.⁵⁷⁵ E megfontolásban az is közrejátszott, hogy a légköri ózommennyiség akkori csökkenése – miután az ózon maga is üvegházhatású gáz – valamelyest ellensúlyozhatta az ózonkárosító anyagoknak és növekvő mértékben kibocsátott más üvegházhatású gázoknak az éghajlatra kifejtett hatását.⁵⁷⁶

A klímapolitikai megállapodások rendelkeztek majd’ negyedszázadon keresztül az ózonréteg védelmében bevezetett vegyi anyagokról, amelyekre nem terjedt ki a Montreali Jegyzőkönyv hatálya. E hosszú időszakban ugyan kapcsolatban voltak a két nemzetközi környezetpolitikai intézményrendszer testületei, de a globális ózonproblémából, illetve a kezeléséből adódó éghajlatmódosító „mellékhatás” áttérhelődött a klímapolitika területére.

- Az ózonréteg-védelmi egyezmény tervezete, majd az elfogadott végső változata ugyancsak hivatkozott az ózonkárosító anyagok „éghajlati hatásaira” és arra, hogy a továbbiakban ezt is vizsgálni kell [UNEP/AWG, 1985⁵⁷⁷; VCPO, 1985⁵⁷⁸]. A rá két évre jóváhagyott Montreali Jegyzőkönyv még szűkszavúbban, de utalt erre a következményre [VCPO/MP, 1987⁵⁷⁹].
- Attól kezdve, hogy egy 1988-as ENSZ-határozattal és az abban az évben megalakult kormányközi testület (IPCC) tevékenységével megindultak az egyeztetések a majdani éghajlatváltozási egyezményről, az ózonvédelmi tanácskozásokon is rendre napirendre került a Montreali Jegyzőkönyv által szabályozott vegyi anyagok „klímahatása”. Így 1989-ben a Tudományos Értékelő Testület (SAP), az éghajlatváltozásról szóló egyezmény 1992. évi elfogadását követően pedig a technológiai kérdésekért felelős testület (TEAP) is feladatul kapta, hogy az e jegyzőkönyv által szabályozott anyagok üvegházhatásával is foglalkozzon.⁵⁸⁰
- Sajátos időbeli egybeeséssel 1992-ben született meg két egymással szöges ellentétben álló nemzetközi döntés: az ózonréteg védelme érdekében – a klórmentes „zöld” freonokra való áttérés előmozdításához – a csak átmeneti alkalmazásra szánt telítetlen freonok szabályozása, valamint a klímaegyezmény, amelynek korlátozó előírásai már a „zöld” freonokra is

⁵⁷⁴ Ozone effects on climate: „Several of the trace gases which effect stratospheric ozone photochemically [...] enhance the greenhouse effect, and may lead to surface warming.” (13. o.)

⁵⁷⁵ „A systematic environmental evaluation of replacements for fully halogenated chlorofluorocarbons (CFCs) includes the potential effects of each replacement chemical on global warming. While the major focus for rising environmental concerns centers on the potential effects of long-lived CFCs on stratospheric ozone, the role of these gases as contributors to an enhanced greenhouse or global warming also needs examination.” [GORMP, 1989: 385. o.]

⁵⁷⁶ Ozone and Climate Relations: „the ozone depletion may indeed have offset a significant fraction of the radiative forcing due to increases of all greenhouse gases over the past decade.” [GORMP, 1991: xi. o.]

⁵⁷⁷ „The Parties to this Protocol [...] Recognizing also the potential climatic effects of chlorofluorocarbon emissions”

⁵⁷⁸ Adverse effects: „means changes in the physical environment or biota, including changes in climate”; Research and systematic observations: „1. The Parties undertake, as appropriate, to initiate and co-operate in [...] the conduct of research and scientific assessments on: [...] (c) Climatic effects deriving from any modifications of the ozone layer”

⁵⁷⁹ The Parties to this Protocol „Conscious of the potential climatic effects of emissions of these substances”

⁵⁸⁰ Montreal Protocol, MoP: Decision I/10 (1989) „Characteristics of relevant substances”; Decision IV/13 (1992) „Assessment panels”

kiterjedtek [UNFCCC, 1992⁵⁸¹]. Ugyanis ez utóbbi hatálya alá kerültek az „ózonbarát”, de nem „klímabarát” vegyi anyagok, amelyekről a Montreali Jegyzőkönyv kapcsán már nem kívántak gondoskodni. Hogy még világosabban fogalmazzunk: 1992 novemberében a Montreali Jegyzőkönyv koppenhágai kiegészítésének értelmében a telítetlen freonoktól meg kell válni 2030-ig a „zöld” freonokra való mielőbbi áttéréssel, amelyekre viszont szintén érvényes az 1992 májusában véglegesített és a gázok kibocsátásának mérsékléséről is rendelkező klímavédelmi egyezmény.

- E felettébb ellentmondásos helyzetben az újabb fordulatot az 1997. évi Kiotói Jegyzőkönyv hozta el, amelynek nyomán a Montreali Jegyzőkönyv képviselői 1998-ban együttműködést kezdeményeztek a két nemzetközi megállapodás testületei között.⁵⁸² Az egyeztetések elsősorban az ózonkárosító anyagok helyettesíthetőségét vizsgáló testület (TEAP) és a klímaegyezmény tudományos és technológiai tanácsadó testülete (SBSTA) között folytak. (A TEAP az IPCC-vel is felvette a kapcsolatot.⁵⁸³) Mindez nem változtatott azon, hogy az egyik globális probléma megoldásából adódó „mellékhatás” gondja *átterhelődött* egy másik globális problémával törődő kormányközi intézményszerre.⁵⁸⁴
- A Kiotói Jegyzőkönyvben a tétélesen feltüntetett és szabályozandó üvegházhatású gázok sorában ott szerepeltek az ózonréteg védelme érdekében előállított és hasznosított „ózonbarát” anyagok csoportjai is [UNFCCC/KP, 1997⁵⁸⁵]. Ugyanezt tükrözte a Kiotói Jegyzőkönyv 2012. évi módosítása és ugyancsak „a Montreali Jegyzőkönyv hatálya alá nem tartozó” üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése, mint a Párizsi Megállapodás egyik fő célja [UNFCCC/DA, 2012; UNFCCC/PA, 2015].
- Először 2009-ben merült fel a Montreali Jegyzőkönyv részeseinek találkozóján, hogy az éghajlat védelme érdekében a telítetlen freonokat fokozatosan „ózonbarát” és egyúttal „klímabarát” anyagokkal kellene helyettesíteni [VCPO/MP, 2009⁵⁸⁶]. 2012-ben neves tudósok sürgették a nagy üvegházhatású „zöld” freonok felhasználásának korlátozását [Velders et al., 2012⁵⁸⁷]; erről az akkori fenntartható fejlődési világtalálkozón is egyetértés volt [UN, 2012⁵⁸⁸].

⁵⁸¹ Article 4: Commitments. „(b) Formulate, implement, publish and regularly update national and, where appropriate, regional programmes containing measures to mitigate climate change by addressing anthropogenic emissions by sources and removals by sinks of all greenhouse gases not controlled by the Montreal Protocol”

⁵⁸² Montreal Protocol, MoP Decision X/16 (1998) Implementation of the Montreal Protocol in the light of the Kyoto Protocol: „the relevant Montreal Protocol bodies, within their areas of competence: a. To provide relevant information on HFCs and PFCs [...] d. To otherwise continue to cooperate with the relevant bodies under the United Nations Framework Convention on Climate Change and IPCC on these matters”

⁵⁸³ Ennek egyik eredménye lett az IPCC és a TEAP közös értékelő jelentése az ózonréteg és az éghajlat védelme szempontjából egyaránt érintett vegyi anyagokról [IPCC & TEAP, 2005].

⁵⁸⁴ E kötet szerzője volt az Éghajlatváltozási Keretegyezmény tudományos tanácsadó testületének első elnöke és számos ilyen egyeztetésben lehetett része főképpen a holland Lambert Kuijpers-szel, aki a Montreali Jegyzőkönyv itt említett testületének (TEAP) volt az alelnöke, majd a társelnöke.

⁵⁸⁵ Annex A: Greenhouse gases „... Hydrofluorocarbons (HFCs), Perfluorocarbons (PFCs) ...”

⁵⁸⁶ „Concerned that climate change is occurring faster than previously predicted [...]. Emphasize the fact that the substitution of hydrochlorofluorocarbons (HCFCs) need not necessarily rely on the use of high-GWP alternatives [...]. Agree to take appropriate measures to limit the use of high-GWP alternatives to ODSs as soon as practicable.”

⁵⁸⁷ „Given that climate impacts of HFC use can be viewed as unintended side effects of the Montreal Protocol, an option is to expand provisions of this protocol [...], such an approach could effectively and quickly limit continued growth of high-GWP HFCs and preserve the substantial climate benefits that were gained by the Montreal Protocol in phasing out ODSs.” (923. o.)

⁵⁸⁸ (222.) „We recognize that the phase-out of ozone-depleting substances is resulting in a rapid increase in the use and release of high global warming potential hydrofluorocarbons to the environment. We support a gradual phase-down in the consumption and production of hydrofluorocarbons.”

Az ózonréteg és éghajlat egyidejű védelmét célozta már a Montreali Jegyzőkönyv 2016. évi módosítása: ezzel véget vetve a „zöld” freonok miatti ambivalens helyzetnek, miszerint az ózonkárosító anyagok és technológiák felszámolása átvezet egy másik veszélyes környezeti folyamat súlyosbításához [Heath, 2017; Faragó, 2017; Birmipili, 2018⁵⁸⁹; Solomon et al., 2020⁵⁹⁰].

- A Kigali Módosítás [VCPO/KA, 2016] értelmében 2019-től korlátozni kell az ózonréteg védelméhez kiváló, de a klímavédelem szempontjából ártalmas fluorozott szénhidrogének (HFC) használatát úgy, hogy a fejlett országok két évtizeden belül 85%-os, a fejlődők rá egy évtizedre 80-85%-os csökkentést érjenek el (habár eltérő referenciaszintekhez képest). Enélkül feltehetően gyorsan tovább növekedne az „ózonbarát” freonok alkalmazása elsősorban a hűtő- és légkondicionáló berendezésekben, amelyek légköri kibocsátása számottevő mértékben ellensúlyozná más üvegházhatású gázok kibocsátásának a Párizsi Megállapodás szerint elvárt globális csökkentését.
- Következésképpen olyan technikákra és anyagokra kell áttérni a sokféle eljárásban és termékekben, amelyek nem vagy sokkal kevésbé hátráltatják úgy az ózon-, mint a klímaprobléma megoldását.

* * *

Az ózonréteg védelmére létrejöttek az egyre szigorúbb előírásokat tartalmazó nemzetközi jogi eszközök. Ehhez lényegesek voltak a veszélyes folyamatot mind pontosabban kimutató megfigyelések és tudományos elemzések, továbbá az „ózonbarát” technológiai fejlesztések. Emellett, ha hosszú idő után is, remélhetően végleg lezárul majd az egyszerűség kedvéért „ózon kontra klíma” konfliktusnak nevezhető globális környezeti átterhelés ügye is, feltéve, hogy a már egyaránt „ózon- és klímabarát” irányzatról nem derül ki valamilyen újabb ártalmas mellékhatás.

3.4. AZ EGYÜTTMŰKÖDÉS HATÉKONYSÁGA: MEGMENEKÜL AZ ÓZONRÉTEG?

A nemzetközileg egyeztetett beavatkozások hatására a magaslégköri ózonréteg fogyatkozása abbamaradt az 1990-es évtized végétől, de a különböző feltételezésekkel készült becslések szerint még több évtizedig eltarthat, ameddig a korábbi átlagos ózonszint helyreállhat.

Az ózonkárosító anyagok termelésének és felhasználásának a csökkentésétől és ezzel összefüggésben a légköri kibocsátásaiknak a tényleges csökkentési ütemétől függ az ózonréteg „vékonyodásának” megállítása. Márpedig éppen ennek érdekében születtek meg az 1985-ös egyezményben és 1987. évi jegyzőkönyvében foglalt rendelkezések, valamint ez utóbbi kiegészítései, módosításai, de elégségeségük a különféle okokból elfogadott kompromisszumoktól, a hatékonyságuk pedig az előírt kötelezettségek tevőleges teljesítésétől függ.

- Amikor Molina és Rowland elsőként felvetették az ózonréteg freonok miatti nagyfokú pusztulásának lehetőségét, akkor e vegyi anyagok általuk előrejelített jövőbeli termelési mennyiségeivel számoltak [Molina & Rowland, 1974]. Ez jól egybevetethető egy sokkal

⁵⁸⁹ „in 2016 the parties agreed to amend the Protocol [...]. Phasing down HFCs may avoid up to 0.5 degrees Celsius of temperature increase by the end of the century” (427. o.)

⁵⁹⁰ „HFCs were introduced into the economy mainly as non-ozone-depleting substitutes for CFCs, but are potent greenhouse gases. As emissions increased, governments pondered whether it was best to control them under the climate treaty, which was responsible for greenhouse gases, or under the Protocol, which was the catalyst for HFC use in the first place. The result was the Kigali Amendment of the Montreal Protocol agreed to in 2016, which levied much more stringent controls of HFCs than were possible under the current climate treaty” (3. o.)

későbbi hipotetikus becsléssel, amelynek készítői azt vizsgálták, mit történne, ha nem létezne a többször szigorított Montreali Jegyzőkönyv [Newman et al., 2009⁵⁹¹]. E tanulmány „amit elkerült a világ” elnevezésű szcenáriója szerint a teljes légköri ózonmennyiség globális átlagban a harmadára csökkenne, és emiatt szélsőségesen megnőne a felszínre érkező ultraibolya-sugárzás. Az ózonkárosító anyagok szabályozása viszont kezdetét vette 1985-től.

- Az ózonréteg védelmére irányuló politikai szándékok legegyszerűbben ellenőrizhető fokmérője az, hogy mennyire lett teljes körű a nemzetközi megállapodásokban, végrehajtásukban való részvétel kinyilvánítása az azokhoz való csatlakozással. Az 1985-ös egyezménynek, 1987-es jegyzőkönyvének és az ezredfordulói ez utóbbi összes módosításának a világ minden állama előbb vagy utóbb a részese lett. A fejlődők csatlakozását elősegítették azok a kompromisszumok, miszerint a fejlettekhez képest későbbi határidőig kellett bevezetniük a korlátozó intézkedéseket és feladataik teljesítéséhez támogatást igényelhetek a „montreali” pénzügyi alapból. Még e feltételek mellett is több fejlődő ország csak nagy késéssel vállalta fel az újabb előírásokat (pl. Kína csupán 2010-ben az 1997-ben és 1999-ben elfogadott szigorításokat jó pár más fejlődőhöz hasonlóan). Azonban az üvegházhatású, tehát a nem „zöld” freonok kiváltásáról szóló 2016. évi Kigali Módosításhoz 2022 novemberéig még nem csatlakozott az országok egynegyede. A késlekedésük azt is jelzi, hogy az e módosításban megszabott néhány meglehetősen távoli teljesítési határidő ellenére sem egyszerű feladat az áttérés az egyaránt „ózonbarát” és „klímabarát” anyagokra, megoldásokra.
- Rendszeresen közzétett nemzeti adatszolgáltatásaik és az intézkedéseiket bemutató jelentéseik alapján a részes felek túlnyomó többsége a kötelezettségvállalásait betartva járult hozzá az ózonkárosítás megfékezéséhez. A vállalatok végrehajtása terén többeknél (köztük számos közép- és kelet-európai országnál) jelentős elmaradások mutatkoztak; e problémák kiküszöbölését egy külön intézmény segítette.⁵⁹²
- Az érintett anyagok kereskedelmére is kiterjedtek a nemzetközi rendelkezések, így arra, hogy a jegyzőkönyvhöz, illetve annak módosításaihoz nem csatlakozó országokkal ne folyhasson az ilyen anyagokkal való kereskedelem és kevés kivételtől eltekintve a részes felek között se. Ennek következtében viszont felélénkült az illegális kereskedelem, ami hátráltatta a kevésbé vagy már nem ózonkárosító anyagokra, eljárásokra való áttérést, és versenyhátrányt jelentett az előírásokat betartók számára. Az 1990-es években tízezer tonnás nagyságrendűnek becsülték a főként az USA-ba és nyugat-európai országokba irányuló illegális freonszállításokat [UNEP/DTIE, 2001]. E kereskedelem visszaszorítására rendelkezéseket fogadtak el a Montreali Jegyzőkönyv részesei.
- A globális szintű freontermelés az 1980-as évek végétől csökkent: a korábbi több mint egy millió tonna/év volumen az 1990-es évek elején a felére, majd újabb pár év múlva az ötödére apadt. A nemzetközi rendelkezések alapján várt ütemnél azonban lassabb volt úgy az elsőként kivonásra ítélt, mint az átmeneti helyettesítésükre szánt anyagoktól való megváltás. Ennek következtében a légkörben az „ózonbontó” klór és bróm teljes mennyisége a korábban

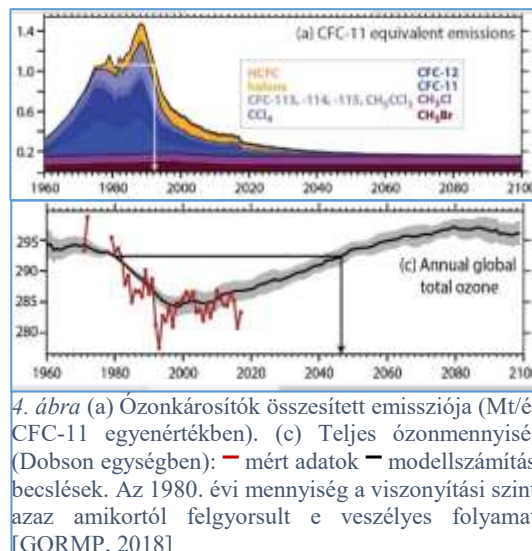
⁵⁹¹ „As was suggested by the original Molina and Rowland (1974) study on CFCs in the stratosphere, large concentrations of ODSs in the atmosphere would have virtually destroyed the majority of the ozone layer by 2065 (global annual average losses >60%).” (2124. o.) „Total ozone falls from about 315 DU in 1974 to about 110 DU in 2065 in the WORLD AVOIDED simulation.” (2117. o.)

⁵⁹² Implementation Committee, non-compliance procedure (E mechanizmus jogi megalapozásában nagy szerepe volt Patrick J. Széll brit környezeti jogásznak, aki később ugyanezen a területen segítette az éghajlatváltozással foglalkozó egyezmény „működését”).

feltételezettnél lassabban mérséklődött⁵⁹³ [GORMP, 2010⁵⁹⁴]. Az újabb értékelések szerint viszont már mutatkoztak az ózonkárosítók mennyiségcsökkenésének jelei a sztratoszférában is: a halon- és metil-bromid eredetű bróm 1998. évi maximumához képest, illetve a freon-eredetű klór pedig az 1993-as maximumához képest 12-15%-kal lett kisebb mértékű [GORMP, 2018⁵⁹⁵].

A magaslégköri „ózonprobléma” megoldódása nehezebb lehet az előzetes várakozásokhoz képest. A regenerálódás lassú folyamat és tovább tarthat: egyrészt az „ózonbarát” anyagokra való áttérés késlekedése, másrészt az ugyancsak antropogén éghajlatváltozás közvetett hatása miatt.

- Elsősorban az ózonkárosító anyagok termelését és felhasználását illetően fokozatosan kibővült, szigorított nemzetközi szabályozásnak és a részes felek többsége általi betartásának köszönhetően az elmúlt évtizedben – bár továbbra sem kellő egyértelműséggel – megindulhatott az ózonréteg lassú helyreállása (4. ábra) [GORMP, 2018⁵⁹⁶].
- Feltételezve az előírások teljes körű végrehajtását, az antarktiszi „ózonlyuk” a korábban becsülnél később, kb. 2060-ra záródhat be, az északi és a déli félteke közepes szélességei felett az ózonréteg helyreállása az évszázad közepe előtt vagy az évszázad közepére valósulhat meg.⁵⁹⁷ A 2022. évi jelentésben megerősítették ezeket a becsléseket [WMO, 2022⁵⁹⁸].



4. ábra (a) Ózonkárosítók összesített emissziója (Mt/év CFC-11 egyenértékben). (c) Teljes ózonmennyiség (Dobson egységben): — mért adatok — modellszámítási becslések. Az 1980. évi mennyiség a viszonyítási szint, azaz amikortól felgyorsult a veszélyes folyamat. [GORMP, 2018]

⁵⁹³ „the rate of decline in total tropospheric chlorine by 2008 was only two-thirds as fast as was expected. [...] The discrepancy in CFC decreases is most likely because of emissions from "banks" in existing applications such as refrigerators, air conditioners, and foams. The rapid HCFC increases are coincident with increased production in developing countries, particularly in East Asia. [...] Total chlorine has continued to decline from its 1990s peak values in both the troposphere and the stratosphere. Total tropospheric bromine is decreasing from its peak values, which occurred comparatively recently, while stratospheric bromine is no longer increasing.” (ES.1-3. o.)

⁵⁹⁴ E jelentés egyik társszerzője Jánosi Imre (ELTE) volt.

⁵⁹⁵ „The atmospheric abundances of both total tropospheric chlorine and total tropospheric bromine from long-lived ODSs controlled under the Montreal Protocol have continued to decline since the 2014 Assessment.” (ES.15. o.)

⁵⁹⁶ „For the first time, there are emerging indications that the Antarctic ozone hole has diminished in size and depth since the year 2000, with the clearest changes occurring during early spring. Although accounting for natural variability is challenging, the weight of evidence suggests that the decline in ODSs made a substantial contribution to the observed trends.” (ES.23. o.) „There is some evidence for a decrease in global (60°S–60°N) lower stratospheric ozone from 2000 to 2016, but it is not statistically significant in most analyses.” (ES.26. o.)

⁵⁹⁷ „The Antarctic ozone hole is expected to gradually close, with springtime total column ozone returning to 1980 values shortly after mid-century (about 2060). [...] Northern-Hemisphere, mid-latitude column ozone is expected to return to 1980 abundances before mid-century (2030s), and Southern Hemisphere, mid-latitude ozone is expected to return around mid-century.” [GORMP, 2018: ES.27. o.]

⁵⁹⁸ „Actions taken under the Montreal Protocol continue to contribute to ozone recovery. Recovery of ozone in the upper stratosphere is progressing. Total column ozone (TCO) in the Antarctic continues to recover [...]. Outside of the Antarctic region (from 90°N to 60°S), the limited evidence of TCO recovery since 1996 has low confidence. TCO is expected to return to 1980 values around 2066 in the Antarctic”

- Azonban váratlan módon a Freon-11 növekvő légköri kibocsátásait észlelték; ezek okát, forrását 2018-tól vizsgálták [Montzka, 2018⁵⁹⁹; WMO, 2022⁶⁰⁰]. A Montreali Jegyzőkönyv szerint szabályozott anyagok illegális termelésének és kereskedelmének megakadályozására pedig újabb intézkedéseket foganatosítottak [UNEP, 2020⁶⁰¹; UNEP, 2022⁶⁰²]. Ha nem sikerült volna belátható időn belül gátat vetni e freon-emisszióknak, akkor az akár egy évtizeddel is meghosszabbította volna az ózonréteg „begyógyulását” [Dhomse et al., 2019; Solomon et al., 2020⁶⁰³]. A legutóbbi nemzetközi jelentésekben már nem számoltak e többlet kibocsátás folytatódásával és feltételezték, hogy ezután minden fél teljesítéssel eleget tesz az ózonvédelmi kötelezettségeinek: ebben az esetben globálisan az ózonszint visszatérése az 1980-as szintre csak egy évvel, az antarktiszi „ózonlyuk” esetében pedig legfeljebb három évvel tolódna ki [WMO, 2021⁶⁰⁴; WMO, 2022].

3.5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS TANULSÁGOK

Az ózonréteg veszélyeztetésének felismerése és az ózonréteg védelmére létrejött nemzetközi együttműködés

„Az ózonréteg csökkenése [...] nagyon komolyra fordulhatott volna, ha felfedezése nem váltotta volna ki a közvélemény aggodalmát, és azt nem követték volna gyors intézkedések. Szerencsére soha nem fogjuk megtudni, hogy máskülönben e súlyos helyzet milyen mértékűvé vált volna.”

Bert Bolin, 2007⁶⁰⁵

A magaslégköri ózonréteg károsítása lett a sokrétű globalizációs folyamat egyik – nem szándékolt, előre nem sejtett, de – tanulságos esete. Új vegyi anyagok szintetizálását jelentő találmányok által kiváltható, megszüntethető lett több korábban bevezetett, de kevésbé megfelelő (pl. hűtőipari) technológia és anyag alkalmazása, de utóbb rá kellett arra ébredni, hogy e technológia- és anyagváltásnak kialakult egy különösen veszélyes következménye, „mellékhatása”. Az újítások nem eléggé kiterjedt előzetes hatásvizsgálatára, nem kellőképpen

⁵⁹⁹ „CFC-11 still contributes one-quarter of all chlorine reaching the stratosphere and a timely recovery of the stratospheric ozone layer depends on the sustained decline in CFC-11 concentrations. Here we show that the rate of decline in atmospheric CFC-11 concentrations observed at remote measurement sites was constant from 2002 to 2012 and then slowed by about 50% after 2012. [...] The increase in CFC-11 emission appears unrelated to past production, suggesting unreported new production, which is inconsistent with the Montreal Protocol agreement to phase out global CFC production by 2010” (413. o.)

⁶⁰⁰ „The unexpected emissions of CFC-11 declined after 2018. The continued elimination of this emission and the production that has caused it will prevent a substantial impact on ozone and climate. Cumulative unexpected emissions over 2012–2019 have been estimated at 120–440 Gg. Since then, these annual emissions have diminished substantially from their peak amount” (40–41. o.)

⁶⁰¹ Decision XXXI/3: Unexpected emissions of CFC-11 and institutional processes to be enhanced to strengthen the effective implementation and enforcement of the Montreal Protocol (2019) [UNEP, 2020]

⁶⁰² Decision XXXIV/8: Strengthening Montreal Protocol institutions, including for combatting illegal trade [UNEP, 2022]

⁶⁰³ „so far, the added CFC-11 has not been enough to significantly delay the closing of the ozone hole, but continuing additions beyond 2030 would impede successful healing of the ozone layer by a decade or more” (2. o.)

⁶⁰⁴ „The anticipated recovery from stratospheric ozone depletion will not be substantially delayed by these enhanced CFC-11 emissions, because they were significantly elevated only for a brief period (2014–2019). [...] Ozone recovery, measured as a return to 1980 levels, is delayed by only 0.4–1.3 years globally and by 0.5–3.1 years for the Antarctic ozone hole.” (ES.1.4.)

⁶⁰⁵ Bert Bolin az éghajlatváltozással kapcsolatos nemzetközi együttműködés fejlődéséről szóló átfogó elemzésében tért ki az ózonréteg problémájára, amelynek az addigi „kezelése” követendő mintának (precedensnek) is tekinthető. [Bolin, 2007: 158. o.]

elővigyázatos bevezetésére és az ezekből fakadó akaratlan hatásokra sok történelmi példát lehet felhozni, de legalábbis a környezeti ügyek területén az „ózonprobléma” lett az első globális szintűvé vált és felismert veszéllyé, amelynek nemzetközileg egyeztetett elhárítása még időben megkezdődött.

Kifejezetten emberi beavatkozás váltotta ki az ózonréteg „fogyását”, hiszen olyan vegyi anyagoknak a légkörbe jutása vezetett el a sztratoszférában található ózonmolekulák elbontásához, ezáltal az ózonkeletkezéssel és -bomlással kialakult addigi egyensúlyi helyzet felborulásához, amelyek azelőtt nem léteztek a természetben. Ezen anyagokból egyre többet állítottak elő az 1930-as évektől, majd termelésük és alkalmazásuk exponenciális ütemben nőtt a múlt század közepétől. Az ózonréteg változó állapotával kapcsolatos kétségeken való felülkerekedésben és a válaszlépések katalizálásában jelentékenyen közrehatott, hogy kimutatták az ultraibolya sugárzás egészségkárosító hatásait.

- Az ózonréteget veszélyeztető emberi tevékenységekre utaló feltételezések és elméletek ugyan napvilágot láttak, de e folyamat igazolása, a halogénezett szénhidrogének ebbéli hatásának tisztázása nem volt egyszerű feladat. A hosszabb ideig fennmaradó kétkedés, az ózonréteg trendjellegű állapotváltozásának meglétével, az ok-okozati összefüggések elméleti levezetéseiivel szembeni szkepticizmus hátterében gazdasági érdekek, a már említett technológiai „tehetetlenség” és társadalmi (fogyasztási) szokások is álltak. A tudományos kutatásban kifejezetten előrevivő lehet a tágran értelmezett szkepticizmus⁶⁰⁶, de itt nem erről volt szó, hanem arról, hogy a még különösebb nehézségek nélkül bevezethető elővigyázatos ózonréteg-védelmi intézkedésekről sem sikerült nemzetközi szinten egyetértésre jutni 1985-ig [Faries, 1990⁶⁰⁷; Faragó, 2018: 5. o.].
- Az ózonréteg esetleges „vékonyodásának” következtében megnövekvő UV-B sugárzás várható egészségi következményeinek becslése, ezek kommunikációja, közérthetősége komoly szerepet játszott az 1970-es évek végétől az aggodalmak megerősödésében, több országban az akkor még *csak ózonkárosítónak vélt* anyagokkal működő eszközök – mindenekelőtt a freon-hajtógázos szórópalackok – iránti kereslet visszaesésében. A bőrrákos megbetegedések és a szemkárosodással járó esetek valószínűségének emelkedése állt a környezetegészségi vizsgálatok középpontjában [Green & Heidinger, 1978⁶⁰⁸; WHO, 1979; WHO, 1994⁶⁰⁹]. A globális ózonprobléma rávilágított arra is, hogy valamely veszélyes környezeti folyamat elleni beavatkozások megtételére, a politikai döntések meghozatalára

⁶⁰⁶ Mottóként a Denis Diderot-nak tulajdonított mondás: „A szkepticizmus az első lépés az igazság felé.” [Faragó, 2018]

⁶⁰⁷ (In 1980:) „Other nations, including members of the European Economic Community (EEC) pointed to scientific data which suggested ozone layer depletion was not nearly as drastic as some anticipated [...] and contended that the reduction of CFC use would do little to ameliorate the predicament. Scientific uncertainty in the area was utilized to its full extent by each country in promoting national interests, and consequently negotiations towards a multi-lateral agreement were sluggish.” (828. o.)

⁶⁰⁸ „Here we summarize the nature of the various approaches used in work relating ultraviolet (UV) doses to non-melanoma skin cancer (SC). Under pressure generated by public policy questions related to the possible modification of the ozone layer by supersonic transports or freon release, the literature on this topic has developed quite rapidly.” (283. o.)

⁶⁰⁹ Environment (1.6.): „Increased levels of UV due to ozone layer depletion may have serious consequences for living organisms. A 10% reduction in ozone could lead to as much as a 15-20% increase in UV exposure depending on the biological process being considered.” Guidelines on Exposure Limits and Protective Measures (1.7.): „With increasing levels of solar UV resulting from depletion of the ozone layer, and the continuing rise in the level of melanoma worldwide, people should become more aware of their UV exposure and take appropriate precautions.” Eye (15.6.3.): „there is evidence of the depletion of the ozone layer and the reported consequent increase in ambient UV which will impact on many eye diseases.”

milyen nagy hatással lehet az, ha akár csak valószínűsíthetőek vagy még inkább, ha kimutatottak az egészséget, az életminőséget közvetlenül érintő ártalmak.⁶¹⁰

A globális ózonréteg-védelmi döntéshozatal előmozdításához nagymértékben hozzájárult a nemzetközi tudományos és tudományközi kapcsolatok fejlődése és intézményesülése. Ez elősegítette a folyamatot, okaira és hatásaira vonatkozó sokrétű tudományos ismeretek gyarapítását, széles körben való megismertetését, a megfelelő nemzetközi megállapodások szükségességének elfogadását.

- A megfigyelések esetében lett először felismert a különböző régiókra, helyszínekre való kiterjesztésük célszerűsége: ezt tükrözte a Gordon Dobson által szervezett első nemzetközi mérőhálózat, majd 1957-től az ózonmegfigyelések globális rendszerének és adatközpontjának létrejötte. Ez tette lehetővé idővel annak tisztázását, hogy az ózonréteg károsítása és károsodásának hatása is globális jelentőségű.
- Az ózonréteggel foglalkozó kutatási együttműködés régi keletű, de kiemelkedő fontosságúvá akkor vált, amikor felmerült az ózonréteg antropogén veszélyeztetése, vagy – ahogyan Robert T. Watson az egyik ilyen testület akkori elnöke fogalmazott –, amikor az emberiség egy hatalmas „légköri kísérletbe” kezdett a különböző légköri nyomgázok, köztük a klór ciklusának (körforgásának) globális léptékű megzavarásával [UNEP/CCOL, 1984⁶¹¹].
- A döntéshozók számára a tudományos eredmények főbb megállapításainak kiemelése, közérthető összefoglalása segíthette elő az ok-okozati kapcsolatok feltárásában elért tudományos bizonyosság adott szintjén szükségesnek és lehetségesnek tartott intézkedések megfontolását, illetve elhatározását. Ezt a gyakorlatot követték a tudományos/szakértői testületek az 1980-as évek elejétől: eleinte kifejezetten csak a megfigyelések, a kísérletek és a modellszámítások eredményeinek lényegére szorítkozva⁶¹², egy idő után viszont már jelezve az ajánlott cselekvési irányokat is.⁶¹³

Az elővigyázatosságra és az eltérő felelőségekre hivatkozó alapelvek, illetve az ezeket megtestesítő rendelkezések és kiegészítő eszközök elfogadása kellett ahhoz, hogy az ózonréteg-védelemmel kapcsolatos elkötelezettség és cselekvés „egyetemes” legyen. Így lett az erről szóló egyezménynek és jegyzőkönyvének, valamint az ezredfordulóig ez utóbbi előírásait szigorító módosításoknak minden állam a részese, felvállalva az azokban előírt kötelezettségek végrehajtását.

- Az ózonréteg veszélyeztetésének kutatása nemhogy lezárult volna az „ózonlyuk” felfedezésével, hanem sokkal intenzívebbé vált, beleértve a szabályozandó anyagok ózonkárosító hatásainak minél pontosabb felmérését. Az ózonréteg-védelmi egyezmény jegyzőkönyve az akkor még korlátozott szintű tudományos igazoltság okán az elővigyázatosságra hivatkozott⁶¹⁴, és ezen elv alapján állapodhattak meg a tárgyaló felek az ózonkárosító anyagok első termelés- és alkalmazás-csökkentési előírásairól.

⁶¹⁰ Ugyanez érvényes lehet nem csak a kifejezetten „környezetinek” tekinthető folyamatokra.

⁶¹¹ „(m) In conclusion, it should be noted that the equivalent of one giant experiment is being performed on the atmosphere. Mankind is perturbing the carbon, nitrogen, hydrogen and chlorine cycles on a global scale and in an unprecedented manner. The consequences of this for the future cannot be known with any certainty.”

⁶¹² E testületek, azaz a CCOL-, az IOTP- és a GORMP-jelentések készítői különböző elnevezés alatt adták közre a tömör összefoglalókat („Executive summary”, „Scientific summary”, „Science summary”, „Key findings”).

⁶¹³ A GORMP-jelentések 1991-től már nemcsak a tudományos eredmények lényegét, hanem a döntéshozatalt érintő következtetéseket is kiemelték („Implications for policy formulations”, „Information for policymakers and options for policy formulation”).

⁶¹⁴ „Determined to protect the ozone layer by taking precautionary measures to control equitably total global emissions of substances that deplete it, with the ultimate objective of their elimination on the basis of developments in scientific knowledge” [VCPO/MP, 1987]

- Hosszabb időn át a freonok és a halonok termelése elsősorban néhány fejlett országban folyt. Az azokat hasznosító eszközök, eljárások alkalmazása is előbb a fejletteknél terjedt el. Ebből fakadóan az ózonréteget veszélyeztető anyagok összesített kibocsátásáért, ezáltal az ózonréteg károsodásáért évtizedeken keresztül jóval nagyobb volt a fejlettek felelőssége a fejlődőkéhez képest. Az ózonréteg-védelmi megállapodásokba ugyan nem került be a „közös, de megkülönböztetett felelősségre” utaló kifejezés, de éppen emiatt a fejlődő országokat megilletően már 1987-ben külön rendelkezéseket iktattak be⁶¹⁵, és 1990-ben határoztak a fejlődők ózonvédelmi intézkedéseit támogató pénzügyi alapról. Átmenetileg a nehéz gazdasági helyzetbe került „átalakuló gazdaságú” közép- és kelet-európai országok is ilyen támogatásra szorultak, amit egy másik nemzetközi pénzügyi alap biztosított. Ezeknek az eltérő helyzeteknek a figyelembevétele, a támogatások biztosítása, továbbá a megállapodásokhoz nem csatlakozókkal való kereskedelem korlátozása is ösztönzött mindenkit a csatlakozásra.

Az ózonréteg-károsítás megszüntetésére elfogadott első intézkedések végrehajtása egy másik globális környezeti problémára való „áttérheléssel” járt együtt. Az ózonréteg veszélyeztetésének és megmentésének története tehát nem érthet véget azzal, hogy megtörténik az átállás valamilyen „ózonbarát” anyagokra és eljárásokra, hanem olyan megoldásra van szükség, ami nem vezet el egy másik veszélyes folyamat súlyosbításához.

- Az ózonréteg védelméről szóló előírások szigorításaival párhuzamosan születtek meg az éghajlatvédelmi célú nemzetközi jogi eszközök: az 1992. évi egyezményt követően a Kiotói Jegyzőkönyv (1997), majd annak Dohai Módosítása (2012) és legújabban a 2015. évi Párizsi Megállapodás. Hosszú időn át megoldatlan maradt e két környezetpolitikai terület mezsgyéjére került vegyületek helyzete, amelyek nagyszerűek lettek az ózonvédelem számára, de meglehetősen károsak klímavédelmi szempontból. Emellett azért az is említésre méltó, hogy az 1991-ben megkezdett klímapolitikai tárgyalásokra mennyire hatottak – részben követhető mintaként, precedensként – az addigi „ózonpolitikai” megállapodásokban alkalmazott egyes megoldások.⁶¹⁶
- A leginkább ellentmondásos helyzet akkor állt elő, amikor 1992-ben az ózonréteg-védelem érdekében a „zöld” freonokra való mielőbbi áttérés lett az egyik cél, pár hónappal korábban pedig e vegyi anyagok – mint üvegházhatású gázok – kibocsátásának csökkentése is napirendre került az éghajlatvédelmi egyezmény értelmében.
- Amikor az ózonréteg-védelemben már elkerülhetetlennek látszott annak a számításba vétele is, hogy a „zöld” freonoknak jelentős a légköri üvegházhatása, akkor a Montreali Jegyzőkönyv részeseinek képviselői elismerték: „a multilaterális környezeti megállapodásokat koherens módon szükséges végrehajtani”.⁶¹⁷ Ennél azonban többről van szó, amint azt e két veszélyes környezeti folyamat és a kezelésükre felmerülő eljárások kölcsönhatásai is mutatták, nevezetesen az, hogy nem lehet (csak) elkülönülten vizsgálni a különböző antropogén környezeti problémákat, hanem tanulmányozni kell az összefüggéseiket és a szóba jöhető beavatkozások mellékhatásait is. Már a megállapodások kidolgozásakor szükséges a „koherencia” és nem csupán azok végrehajtásakor.
- Miközben az összetett globális környezeti rendszer egyes komponenseinek, tulajdonságainak, folyamatainak kutatása – az arra szakosodott tudományágak keretében – hozzájárul azok jobb megismeréséhez, megértéséhez, de e komponensek, tulajdonságok, folyamatok kapcsolatainak, azaz magának a globális rendszernek és a működésének a feltárása is

⁶¹⁵ „Article 5. Special situation of developing countries” [VCPO/MP, 1987]

⁶¹⁶ E kötet szerzője részletesen bemutatta és értékelte e precedensjellegű megoldásokat [Farágó, 2016], valamint a mindkét környezetpolitikai megállapodáshoz kapcsolódóan bevezetett kvótakereskedelmi mechanizmust [Farágó, 2011].

⁶¹⁷ Montreal Protocol, MoP: Decision X/16 (1998) „Noting the need to implement multilateral environmental agreements in a coherent way for the benefit of the global environment”

elengedhetetlen. A rendszer összetevői közötti kölcsönhatások felfedése híján kevésbé hatékony vagy akár hátrányos mellékhatásokkal járó környezetpolitikai döntésekre, beavatkozásokra kerülhet sor. Az elkülönült tudományágakhoz, intézményeikhez részben hasonlóan jöttek létre a bizonyos környezeti ügyekre szakosodott környezetpolitikai intézmények, programok, megállapodások. Ennek egyik klasszikus példája az ózonréteg-védelem és az éghajlat-védelem hosszú időn át elkülönült multilaterális intézmény- és szabályozási rendszere.

- A nemzetközi környezeti szabályozás tekintetében „félárva” szintetikus anyagoknak (a „zöld” freonoknak) a sorsa 2016 végén oldódott meg, amikor a Montreali Jegyzőkönyv részes felei hajlandónak mutatkoztak az „ózonbarát”, de nem „klímabarát” vegyi anyagok – szabályozási értelemben vett – visszafogadására. Ezáltal végre, ha hosszabb távon is, olyan megoldásokat szorgalmaztak, amelyek az ennek a megállapodásnak a hatálya alá eső környezetkárosítás megfékezésével nem egy másik globális környezeti folyamatot és az azzal foglalkozó nemzetközi együttműködést érintően okoznak gondot.

Az ózonréteg védelmére kidolgozott nemzetközi előírások elégségessége, illetve hatékonysága a tartalmuktól és a tevőleges végrehajtásuktól függ, végső soron pedig azon mérhető le, hogy ezáltal megszűnik-e az a globálisan veszélyes helyzet – ebben az esetben az ózonréteg regenerálódásával – amelyet bár akaratlanul, de mi magunk okoztunk.

- A közösen jóváhagyott előírások tehát „annyit érnek”, amennyire a célkitűzésük elérését nem csorbítják az azokban foglalt, különféle okokból megkötött kompromisszumok, minden fél által elfogadottá válnak, és az azokból fakadó kötelezettségeiket be is tartják. (Remélve például, hogy nem kerül ismét sor ózonkárosító anyagok illegális termelésére, környezeti kibocsátására vagy kereskedelmére).
- Sem az ózonrétegre ártalmas, sem más veszélyes hatással járó emberi tevékenységek esetében nem magától értetődő, hogy a kialakult környezeti probléma megoldódik pusztán egy nemzetközi megállapodás megkötése által; tehát annak a teljesítését is figyelemmel kell kísérni [Hegglin, 2018⁶¹⁸]. Ugyanennyire lényeges az adott megállapodás elégségességének vizsgálata, feltéve az abban foglalt előírások teljes körű betartását: e témakörben ez vezetett el a Montreali Jegyzőkönyv újabb és újabb „szigorításaihoz”.
- Mindent egybevetve az ózonréteg „megmentése” érdekében hathatósan bizonyult a nemzetközi tudományos és szakpolitikai együttműködés: felgyorsult az ózonkárosító anyagoktól való megváltás, illetve azok helyettesítése és ennek hatására megkezdődött az ózonréteg lassú regenerálódása (4. ábra).
- Az ózonréteg veszélyeztetésének esetében talán a leglényegesebb tanulság az, hogy bár az ózonkárosítást előidéző anyagok többségétől való megváltás – a közösen elfogadott előírások alapján – belátható időn belül befejeződhet, de hosszú évtizedeknek kell még eltelniük, mire az ózonréteg visszatérhet a „rég” állapotába. Az ilyen anyagok alkalmazása miatt mintegy hat évtizedig tartott az ózonréteg veszélyeztetésének fokozódása, ezt követően pedig várhatóan hat évtizednek kell eltelnie, hogy a megállapodások végrehajtásával az ózonpajzs újra hatékonyan elláthassa a szó szerint létfontosságú funkcióját.⁶¹⁹

⁶¹⁸ „environmental regulations cannot be taken for granted and have to be safeguarded, and that monitoring is required to ensure compliance.” (318. o.)

⁶¹⁹ „Since the late 1990s, concentrations of ODSs have been declining due to the successful implementation of the Montreal Protocol. [...] Over the next decades, we expect increasing global mean stratospheric ozone columns, as ODSs continue to decline”; „Estimated dates of return of total column ozone to 1980 values are generally a few years later than given in the previous Assessment and vary considerably between scenarios. For the baseline scenario (RCP-6.0), they are: [...] around mid-century for near-global mean annually averaged ozone”; „the Antarctic ozone hole is expected to gradually close, with springtime total column ozone returning to 1980 values shortly after mid-century (about 2060)” [GORMP, 2018: ES.40, 42, 44. o.]

4. TÚLHEVÜLŐ KÖZÖS ÜVEGHÁZUNK: A GLOBÁLIS ÉGHAJLATVÁLTOZÁS

„Kiszámoltam a hőmérséklet átlagos változását, ami követné a (léggörben) a szén-sav változását a jelenlegi középértékéhez képest [...] az arktikus térségekben kb. 8°-9° C lenne a hőmérsékletemelkedés, ha a szén-sav jelenlegi értéke 2,5-3-szorosára növekedne.”

Svante Arrhenius, 1896⁶²⁰

„Ám tegyük fel, hogy az éghajlat egy században egy egész fokkal megváltozik, a mi minden esetre óriási változásnak mondható, képesek volnánk-e ezt a változást mai napság megállapítani?”

Róna Zsigmond, 1909⁶²¹

„A tüzelőanyagok elégetésével az ember mintegy 150000 millió tonna szén-dioxidot bocsátott ki a levegőbe az elmúlt fél évszázad során [...] ennek körülbelül a három-negyede a léggörben maradt. [...] a szén-dioxid mesterséges termelésének következtében a (globális) átlaghőmérséklet növekedése jelenleg 0,003°C évente.”

Guy Steward Callendar, 1938⁶²²

- 4.1. Globális éghajlatmódosító tevékenységek: feltevés, kétely, bizonyosság
 - 4.1.1. Változékonyság és változás: „természetesen” volt, van, lesz
 - 4.1.2. Az antropogén hatások feltárása, de elhúzódó és éles vita a következményekről
 - 4.1.3. Az erősödő tudományos bizonyosság
- 4.2. Az éghajlati rendszer megfigyelésének és vizsgálatának nemzetközi keretei
 - 4.2.1. Az éghajlati rendszer globális megfigyelése
 - 4.2.2. Tudományos együttműködés az éghajlatváltozás vizsgálatára
 - 4.2.3. Klímatudomány és klímapolitika: a „párbeszéd” intézményesítése
- 4.3. Nemzetközi klímapolitika: elvek, célkitűzések, vállalások
 - 4.3.1. Az alapok tisztázása: ki a felelős? mennyire biztos? mit lehet tenni?
 - 4.3.2. Az együttműködés fejlődése: a kételkedéstől a kockázat közös elismeréséig
 - 4.3.3. A nemzetközi megállapodások: célok, előírások, kompromisszumok
- 4.4. A megállapodások és végrehajtásuk korlátozott elégségessége
 - 4.4.1. A tartalmi megfelelés és a tevőleges végrehajtás?
 - 4.4.2. A klímatudomány és a klímapolitika növekvő „eltérése”
- 4.5. Következtetések és tanulságok

A földi éghajlat alakulásában kitüntetett szerepet betöltő légköri nyomgázok mennyiségére, környezeti körforgására gyakorolt emberi hatások azonosítása, lehetséges következményeik becslése mintegy két évszázaddal ezelőtt kezdődött. A természeti környezet és a társadalmak kölcsönhatását érintő számos más folyamathoz képest e problémakör esetében nehezebbnek mutatkozott az ok-okozati összefüggések igazolása. E témakörben a tudományos kutatások

⁶²⁰ Arrhenius e cikkében közzétett számításokkal a földtörténet során végbement éghajlatváltozások jobb megértéséhez akart hozzájárulni, kitérve a légköri „szén-sav” (tkp. szén-dioxid) koncentrációjának a változására [Arrhenius, 1896]. Hivatkozik kollégájára (A. G. Högbom), aki azt is elemezte, hogy mi történhet a világszinten akkor „évente kitermelt, kerekített 500 millió tonna szénrel [...] ami szén-savvá alakulva a légkörbe kerül [...] főként a modern ipar által”.

⁶²¹ Róna arra is utal: (még) nincs „teljesen homogén, elég hosszú és a mellett pontos megfigyelési sorozat [...] annak kiderítésére, hogy az éghajlat bár lassan, de mégis folytonosan egy irányban megváltoznék.” [Róna, 1909: 526. o.]

⁶²² [Callendar, 1938: 223. o.]

fordulópontjainak bemutatását követően végigvesszük és értékeljük a globális éghajlati rendszerrel, annak állapotváltozásával foglalkozó nemzetközi tudományos és klímapolitikai együttműködés fejlődésének folyamatát, beleértve a legújabb fejleményeket, és ezúttal is levonjuk a legfontosabbnak tartott következtetéseket és tanulságokat.

4.1. GLOBÁLIS ÉGHAJLATMÓDOSÍTÁS: FELTEVÉS, KÉTELY, BIZONYOSSÁG

4.1.1. Változékonyság és változás: „természetesen” volt, van, lesz

Az éghajlati rendszer állapota a történelmi idők során mindig változott, még ha nem is olyan tág határok között, mint a földtörténet addigi néhány milliárd éve alatt. A jégkorszakoknak vagy az azokénál sokkal rövidebb időtávú eljegesedési és köztes melegebb periódusoknak napjainkra már jól azonosított – geofizikai folyamatokkal, a Föld keringési jellemzőiben mutatkozó ciklusokkal kapcsolatos – természeti okai voltak. Az ezekhez képest néhány évszázadra, évtizedre vagy évre terjedő időszakok jóval kisebb mértékű éghajlati ingadozásai más okoknak vagy e környezeti rendszer belső folyamatai következményeinek tulajdoníthatók. A klíma változékonysága nyilvánvaló volt már a korai történelmi időkben, hiszen közvetlenül befolyásolta az emberek életét, de e jelenség területi és időbeli jellemzőinek, hatásainak részletes leírására, beható természettudományos vizsgálatára csak később került sor. A 19. század második felétől kezdődően mind gyakrabban felvetődött, hogy kell-e számítani a régmúltban történetekhez hasonló nagyfokú változásokra. Soós Mihály a földtörténeti időszakokra utalva így fogalmazott: „Ily erőszakos átalakulások kétségkívül az éghajlati viszonyok általános jellegét is megváltoztatták, mi mellett közvetlen adatok hiányában a föld gyomrába zárt őslények maradványainak földrajzi elterjedése nyújt nyilvános bizonyítékot. Általános értelemben történik-e napjainkban e téren is változás? Azt a mienknél szerencsésebb utókor döntheti el.” [Soós, 1870] Majd négy évtizeddel később Róna Zsigmond hasonlóképpen vélekedett: „Az egyirányú éghajlatváltozáshoz komolyan majd csak akkor lehet meteorológiai bizonyítékot találni, ha egy-két száz évre terjedő homogén feljegyzésekkel rendelkezünk.” [Róna, 1909]

Már az ókorban figyelemmel voltak több térségben, országban a környezeti feltételek időnkénti szélsőségesebb változékonyságára és az alapvető életfeltételekre gyakorolt hatásaira.

- Az éghajlati jellemzők ingadozásainak és azok hatásainak nyomon követésére talán a legismertebb, legszemléletesebb ókori példa: a Nílus vízgyűjtő területén a nyári monszun-időszak alatt lehullott csapadékmennyiség változása és ennek számos társadalmi, gazdasági, politikai vetülete Egyiptomban. E csapadékoságtól függött ugyanis a Nílus alsó szakaszán a folyó évenként ismétlődő áradásának szintje, vízhozama, hordaléka, mindezekről pedig az egyiptomi lakosság élelmezésbiztonsága, boldogulása.
- A fennmaradt feljegyzésekből, a nevezetes „palermói kő” vagy papirusztekercs-maradványok hieroglifáiból kitűnt, hogy az áradás szintjét mérték, rögzítették [Bell, 1970; Hsu, 2010]. A kedvezőtlen vízjárási időszakok súlyos hatásokkal jártak: „sztrájkok és éhséglázadások (legalább hat ilyen esetet jegyeztek fel 1153 és 1105 között) az élelmiszerárak "vad" inflációjának elkerülhetetlen következményei voltak, ami egybeesett azzal, hogy a Nílus hidrológiája újra negatívan alakult [...]. Egyiptom elvégre a folyó ajándéka volt, a folyót pedig kozmikus rend szabályozta” [Butzer, 1984].
- Az ókori társadalmak életének a természeti környezet, annak részeként a levegőkörnyezet állapotától (a hőmérséklet, a csapadékoság változékonyságától) való függését áttekintve Mészáros Ernő ekként fogalmazott: „Tudományos értékű magyarázatokra azonban a

történelem hajnalán az ember képtelen volt. Így a természetet földöntúli lényekkel népesítette be, akik "irányítják" a különböző jelenségeket [...]. A levegőistenek létét először a görög gondolkodók kérdőjelezték meg. Megpróbálták a természeti jelenségeket racionális úton megmagyarázni" [Mészáros, 2008].

- E környezeti függőséget illetően mintha semmi sem változott volna az idők folyamán: 2011-ben úgy Egyiptomban és a tágabb térségében, mint a főbb gabonaexportőr országokban a kedvezőtlen természeti körülmények miatti terméskiesés hozzájárult az „arab tavasznak” nevezett, esetenként leegyszerűsítve éhséglázadásként is értelmezett eseménysorozathoz [Johnstone & Mazo, 2013].

Hosszabb idejű éghajlati anomáliák. A tartósabban fennmaradó, nagyobb térségre kiterjedő éghajlati anomáliák és hatásai kimutatását elősegítette a közvetett módon származtatott vagy a közvetlen megfigyelésekből kapott klímaadatok bővülése, a leíró jellegű éghajlattan (a klimatográfia, majd a klimatológia) fejlődése.

- A feljegyzésekben leírt, rögzített adatok által sikerült azonosítani a hosszabb idejű melegebb és hidegebb időszakokat, így az ókori klímaoptimumot, egy középkori melegebb időszakot, a néhány évszázadon átívelő „Kis Jégkorszakot” vagy az ezeknél rövidebb távú, a Száhel-övezetet az 1960-as évek végétől sújtó különösen száraz meleg periódust.
- Elhúzódó, az adott térség megszokott „átlagos” viszonyaihoz képest szélsőségesen meleg, száraz vagy sokkal hűvösebb periódusok mindenütt voltak; az ezekre utaló feljegyzések összegyűjtése, értékelése fontos adalék lett egyes korábbi társadalmi-gazdasági események megértéséhez is. Hazánk esetében kiváltképpen Réthly Antal dokumentálta az ilyen eseményeket régi feljegyzések alapján 1900-ig [Réthly, 1962, 1970, 1998]; Réthly adataira is támaszkodva Rác Lajos vizsgálta igencsak részletesen a „Kis Jégkorszak” hazai hatásait [Rác, 2021].

Az éghajlat „ciklikus” változása. Az éghajlati rendszer váltakozó irányú állapotváltozását, az ezt szabályozó természeti tényezőket a 19. századtól vizsgálták elmélyültebben a tudomány képviselői.

- *A napfolt-ciklusok* által kiváltott éghajlati ingadozások lehetőségét William Herschel vetette fel, majd mások megerősítették vagy kétségbe vonták e ciklusok klímaszabályozó szerepét [Herschel, 1801; Köppen, 1873; Huntington, 1914; Abbot, 1967; Roy & Haigh, 2012]⁶²³. Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC) szerint: e tényezőnek csekély a jelentősége globális léptékben és csak „közepes bizonyossággal állítható, hogy a napsugárzás-változékonyság 11-éves ciklusának van hatása az évtizedes éghajlati ingadozásokra néhány térségben” [IPCC, 2013].
- Az „*El Niño*” jelenségre először a 19. század végén hivatkoztak ezzel az elnevezéssel, ami a Csendes-óceán felső rétegében, a dél-amerikai partok közelében pár évenként visszatérő meleg tengeráramlatra utalt [Carrillo, 1892; Pezet, 1896]. Jacob Bjerknes kimutatta ennek kapcsolatát az 1920-as években Gilbert Walker által részletesen elemzett⁶²⁴, távoli klimatikus hatásokat is okozó légköri áramlási folyamattal, a „Déli Oszcillációval” [Bjerknes, 1969].
- *A Föld egy-egy keringési pályaelemének változásait* vizsgálva Joseph Adhemar 1842-ben, majd James Croll 1866-ban vezette le az eljegesedési időszakokkal való összefüggést.

⁶²³ A napfolt-ciklus és magyarországi évi középhőmérsékletek közötti lehetséges kapcsolatot vizsgálva Róna Zsigmond nem tudott egyértelmű összefüggést kimutatni [Róna, 1909; 528-535. o.]. Hasonlóan „óvatos” vélekedéssel találkozhatunk a jóval későbbi hazai szakirodalomban is [Bacsó et al., 1953: 32. o.].

⁶²⁴ „El Niño – Southern Oscillation” (ENSO): az egymással összefüggő, visszatérően jelentkező két folyamat elnevezése.

Milutin Milankovitch a harmadik keringési pályaelemet is hozzávéve tanulmányozta e periodikus változások hatását az elmúlt többszázezer évben a Földet érő napsugárzási energiamennyiség eloszlására és ezáltal az eljegesedési időszakok kialakulására [Milankovitch, 1920⁶²⁵]. Az elméletet Bacsák György pontosította a jégmentes időszakokra tekintettel [Bacsák, 1940; Major, 2006]. Kordos László e ciklikus jellegű változásokon kívül más „magyar paleoklimatológiai elméleteket” is ismertetett, és részletezte a hazánk területén végzett paleoklíma vizsgálatokat [Kordos, 1979].

A légkör sugárzásátviteli tulajdonságai és változásai: ezek feltárásában, mérésekkel történő igazolásában, fizikai és matematikai módszerekkel való részletes leírásában komoly eredményeket értek el a 19. század tudósai.

- Joseph Fourier kidolgozta a Földhöz érkező napsugárzás nyomán létrejövő hőterjedési folyamatokra alkalmazható matematikai egyenleteket, jellemezte a hőmérséklet térbeli és időbeli eltéréseit, valamint a légkör hatását a felszíni hőmérsékletre [Fourier, 1822]. Ezzel tulajdonképpen a légkör „üvegházhatásáról” is értekezett, amire egy utalás lelhető fel a könyvében: „a levegő melegítéséről szóló elméleti tételekre hasznos lenne visszatérni, ha valamilyen pontossággal előrelátni és szabályozni akarjuk a hőmérsékletet, mint az üvegházakban”.⁶²⁶ Később külön is kitért a légköri sugárzásátvitel és a földfelszíni hőmérséklet összefüggésére [Haszpra, 2010], de ismét csak egy áttételesen értelmezhető utalást tett a légköri üvegházhatásra [Fourier, 1827⁶²⁷].
- Eunice Foote 1856-ban a napsugárzás melegítő hatását vizsgálta és megfigyelései alapján azt állapította meg, hogy a nedves levegő jobban felmelegedett a szárazhoz képest, de még inkább ez történt, amikor a napsugarak szénsavval töltött zárt üveghengeren haladtak át [Foote, 1856]. Egészen egyértelműen jelezte azt is, hogy ha valamikor a jövőben megnövekedne a légkörben a szén-dioxid mennyisége, akkor az bizony hőmérsékletemelkedéssel járna együtt.⁶²⁸ Legújabb írásában Haszpra László hivatkozott e fontos kísérletre és szabatosan értelmezte annak eredményét, azaz hogy valójában még nem a légköri üvegházhatás felismeréséről volt szó, hanem „Napból érkező közeli infravörös sugárzásnak az elnyeléséről” [Haszpra, 2022: 61. o.].
- John Tyndall 1859-től vizsgálta saját fejlesztésű berendezéseivel (abszorpciós spektroszkóppal) egyebek mellett a légköri gázok által az infravörös sugárzás elnyelését [Tyndall, 1862]. Kimutatta ebben a vízgőz és a „szénsav” (azaz a szén-dioxid) fontosságát: „a napból a földre érkező hő és a föld által az űrbe sugárzott hő közötti különbséget jelentősen növeli a légkörben található vízgőz [...], ha e hatást főképpen a vízgőz fejt ki, akkor ezen összetevő minden megváltozása éghajlatváltozást kell, hogy eredményezzen. Hasonló következtetés lenne alkalmazható a légkörben szétterjedő szénsavra”; ez utóbbi, mint „a légkörben található harmincadrésznyi gáz nyeli el a teljes sugárzás felét” [Tyndall, 1872: 39. és 232. o.].

⁶²⁵ A hivatkozott sorrendben a keringési pályaelemek és periódus idejük ezer években: precesszió (23), excentricitás (100), oblikvitás (41).

⁶²⁶ „les théorèmes concernant l'échauffement de l'air dans les espaces clos [...]. Il sera utile d'y recourir lorsqu'on voudra prévoir et régler la température avec quelque précision, comme dans les serres”

⁶²⁷ „L'interposition de l'air modifie beaucoup les effets de la chaleur à la surface du globe [...]. La chaleur du soleil, arrivant à l'état de lumière, possède la propriété de pénétrer les substances solides ou liquides diaphanes, et la perd presque entièrement lorsqu'elle s'est convertie, par sa communication aux corps terrestres, en chaleur rayonnante obscure. Cette distinction de la chaleur lumineuse et de la chaleur obscure explique l'élévation de température causée par les corps transparents.” (573. o.)

⁶²⁸ „The highest effect of the sun's rays I have found to be in carbonic acid gas. [...] An atmosphere of that gas would give to our earth a high temperature” (383. o.)

A légköri szén-dioxid és az éghajlat összefüggése. E kapcsolat behatóbb vizsgálata új szakaszt jelentett a kutatási folyamatban.

- Svante Arrhenius a 19. század végén nemcsak számításba vette Fourier megállapításait, Tyndall légköri abszorpciós méréseit és levezetéseit, valamint mások (pl. Samuel Langley) eredményeit, hanem az is érdekelte, hogy miként módosulna a felszíni hőmérséklet, ha a légkörben a „szénsav” mennyisége megváltozna, és hogyan hatna ez a vízgőz-mennyiség változására [Arrhenius, 1896]⁶²⁹. Megbecsülte, hogy mekkora lehűléssel járna, ha a szén-dioxid mennyisége csökkenne (mint a jégkorszakok, eljegesedések idején), és azt is, hogy a szén-dioxid mennyiségének megkétszereződése 5-6°C-os melegedést eredményezne. Csak közvetett hivatkozást találhatunk nála arra – Arvid Högbom korábbi közleményéből átvett idézettel⁶³⁰ –, hogy ilyen változáshoz vezethet az emberi tevékenységek miatt a légkörbe kerülő többlet szén-dioxid [Högbom, 1894].
- Thomas Chamberlin is Arrheniusra és Högbomra hivatkozva megerősítette a szén-dioxid – vízgőzzel kölcsönhatásban megvalósuló – éghajlatszabályozó hatását [Chamberlin, 1899⁶³¹]. Majd Nils Ekholm használta először a légköri szén-dioxidra úgy az üvegház-analógiát, hogy azzal indokolta e gáz szerepét a múltbeli és lehetséges jövőbeli éghajlatváltozásokban [Ekholm, 1901⁶³²].

A vízgőz és a szén-dioxid „pártiak” vitája. A 19. század végétől hosszan tartó vita folyt arról, hogy a légköri szén-dioxid mennyiségének változása miként befolyásolhatja a felszínről érkező, hosszúhullámú sugárzást és arról, hogy vajon a légköri üvegházhatás ezáltal módosulása okozhat-e éghajlatváltozást.

- Az érvek és ellenérvek főként akörül forogtak, hogy a hosszúhullámú (infravörös) sugárzási tartományban a szén-dioxid keskeny elnyelési sávjait teljességgel elfedik vagy sem a vízgőz szélesebb sávjai. Knut Ångström szerint: Arrhenius helytelenül értelmezte e sávok adatait és emiatt hibásak voltak az állításai a szén-dioxid-mennyiség változásának hatásairól [Ångström, 1900⁶³³]. Nem egyszerűen kétségek kifejezéséről volt szó, hanem ellenbizonyításról.
- A következő néhány évtizedben mások szintén szkeptikus következtetésekre jutottak: Robert Wood általában is megkérdőjelezte a légköri üvegházhatás létét, William Humphreys szerint a szén-dioxidnak nincs komolyabb hatása a klímára, George Simpson pedig úgy vélte, hogy

⁶²⁹ Erre hivatkoztunk a vonatkozó idézettel e fejezet legelején.

⁶³⁰ „The world's present production of coal reaches in round numbers 500 millions of tons per annum [...]. Transformed into carbonic acid, this quantity would correspond to about a thousandth part of the carbonic acid in the atmosphere [...]. This quantity of carbonic acid, which is supplied to the atmosphere chiefly by modern industry, may be regarded as completely compensating the quantity of carbonic acid that is consumed in the formation of limestone“

⁶³¹ „an increase of carbon dioxide raises the temperature, it increases the quantity of water vapor and this by its thermal absorption further increases the temperature and calls forth more vapor and this action and reaction continue in diminishing force until an equilibrium is established.”

⁶³² „the carbonic acid in the atmosphere acts as the glass of the green house” (21. o.); „the present burning of pit-coal is so great [...] it will undoubtedly cause a very obvious rise of the mean temperature of the Earth.” (60. o.)

⁶³³ „die Schwierigkeiten vermehren sich noch bedeutend, wenn Absorptionsbänder von zwei verschiedenen Elementen, hier Wasserdampf und Kohlensäure, sich übereinander lagern und es also auf die Trennung der beiden ankommt. In diesem Falle ist aber eine Behandlung des Beobachtungsmateriales, wie es Hr. Arrhenius versucht hat, nicht erlaubt.” (731. o.)

a légkörben csak a vízgőz vesz részt a hosszúhullámú sugárzás elnyelésében, kibocsátásában [Wood, 1909⁶³⁴; Humphreys, 1913; Simpson, 1929⁶³⁵].

- A kritikákra maga Arrhenius válaszolt (1901), majd három évtized elteltével Edward Hulburt – a korábbiaknál részletesebben számításba véve a légköri gázok magassággal változó mennyiségét, abszorpciós jellemzőit, a hőszállításban a feláramlás hatását – úgy találta, hogy a légköri szén-dioxid mégis számottevő tényező a globális felszíni átlaghőmérséklet alakításában, ami igazolhatja „az eredetileg Tyndall által javasolt elméletet” Hulburt [1931⁶³⁶].

4.1.2. Az antropogén hatások feltárása, de elhúzódo és éles vita a következményekről

Az éghajlati rendszer állapotában végbemenő nagyfokú változások okainak vizsgálatai hosszú időn át azt voltak hivatottak elsősorban megvilágítani, hogy a földtörténet során miért és miként alakultak ki jégkorszakok és jégmentesebb időszakok. Jóval később merült fel, hogy a földi éghajlatot emberi tevékenységek is befolyásolhatják. E lehetőség tisztázása azonban nehéz feladatnak bizonyult. Miközben gyorsan nőtt az emberi tevékenységek által kibocsátott szén-dioxid és néhány más gáz mennyisége és légköri koncentrációja a 20. század közepétől (a „nagy felgyorsulásnak” nevezett folyamat egyik jeleként), egyebek mellett választ kellett adni arra a kérdésre, hogy miért nem folytatódott a felszíni átlaghőmérséklet – azt megelőzően mintegy három évtizeden át tartó – emelkedése. E hidegháborús időszakban ráadásul előtűntek az éghajlatváltozás „hadászati árnyoldalai” is; ezek lehetséges következményeinek a felmérése ugyancsak a kutatókra várt.

Az antropogén éghajlatváltozás folyamatának felismerése jórészt azáltal vált lehetővé, hogy pontosabb adatok álltak rendelkezésre a légkör állapotáról, összetételéről.

- A magaslégköri megfigyelési eszközök és a légköri gázok abszorpciós jellemzőit kimérő, finomfelbontású műszerek megjelenése az 1930-es évektől előmozdította a földi környezet és ezen belül a légkör tulajdonságainak, folyamatainak jobb megismerését. Később e lehetőségek még inkább megnyíltak a számítógépek segítségével. Ez utóbbiak által részletesebben lehetett elemezni a légkör sugárzásátvitel folyamatait, az üvegházhatású gázoknak az éghajlat szabályozásában betöltött szerepét, és már nem csak elméleti modellekkel „utánozni” az éghajlati rendszer működését. A fejlettebb eszközökkel végzett megfigyeléseknek, a növekvő adattovábbító és adatfeldolgozó kapacitásoknak köszönhetően még több információ lett elérhető az emberi tevékenységek más környezeti hatásairól is.
- Mintegy negyven évvel Arrhenius és Chamberlin közleményeinek megjelenése után Guy Callendar levezette, hogy a fosszilis tüzelőanyagokból mennyi szén-dioxid kerülhetett a légkörbe a megelőző néhány évtizedben és azt, hogy ennek betudhatóan emelkedett – a szerinte becsült mértékben – a felszíni átlaghőmérséklet [Callendar, 1938]. Számításaihoz felhasználta az addigra valamelyest pontosabbá és teljesebbé vált, illetve jobban becsülhető adatokat: a légkör különböző magasságaiban található vízgőz és szén-dioxid koncentrációkról, a gázok sugárzás-elnyelési, -átbocsátási és -kibocsátási értékeiről, továbbá

⁶³⁴ „The solar rays penetrate the atmosphere, warm the ground which in turn warms the atmosphere by contact and by convection currents [...]. It seems to me very doubtful if the atmosphere is warmed to any great extent by absorbing the radiation from the ground” (320. o.)

⁶³⁵ „It is assumed that water vapour is the only constituent of the atmosphere which absorbs and emits long wave radiation.” (73. o.)

⁶³⁶ „the calculation indicates that the carbon dioxide theory of the ice ages, originally proposed by Tyndall, is a possible theory.” (1876. o.)

a felszíni átlaghőmérsékletről. Az általa kimutatott összefüggésekkel előrevetítette, hogy mekkora lehet majd ez utóbbi emelkedése a 20. és a 21. században.⁶³⁷

Az elmélet próbája a valóság. Callendar számításokkal alátámasztott állításainak támogatói és ellenzői is megszólaltak.

- A legkeményebb elutasítás az Amerikai Meteorológiai Társaság kiadványában jelent meg, miszerint a vízgőz mellett már nem juthat különösebb szerep a szén-dioxidnak a hosszúhullámú sugárzás elnyelésében [Brooks, 1951⁶³⁸].
- Pontosabb abszorpciós adatokkal végzett számítások alapján Lewis Kaplan, majd Gilbert Plass egyetértett a „szén-dioxid elmélet” helyességével, akárcsak – a karbon környezeti körforgását is számításba véve, de a hatásokról óvatosabban fogalmazva – Roger Revelle és Hans Suess [Kaplan, 1952; Plass, 1956⁶³⁹; Revelle & Suess 1957⁶⁴⁰].
- E vita még egy ideig folytatódott, de az 1950-es évtized végétől a még részletesebb mérésekre és számításokra támaszkodva újabb eredmények láttak napvilágot az antropogén szén-dioxid kibocsátás feltételezhető hatásairól. Az emelkedő globális hőmérsékleti tendencia azonban az 1940-es évektől megtört és mintegy három évtizeden át tartó hűvösebb időszak következett. Újra vita keletkezett az éghajlati rendszert „kormányzó” tényezőkről, illetve arról, hogy egyáltalán elképzelhető-e a klíma alapvető változása a 20. században.⁶⁴¹

A „léggör kontra óceán” vita: hol lehet a légkörbe kibocsátott többlet szén-dioxid? Az antropogén eredetű szén-dioxid emisszió sorsáról tehát külön tudományos polémia folyt: elsősorban arról, hogy e légköri mennyiségből a világóceán mennyit és milyen ütemben „vonhat ki”.

- Többen úgy becsülték, hogy az óceánnak nagy hatása van a légköri szén-dioxid-mennyiség szabályozására, és erre hivatkozva fejezték ki kétségeiket a Callendar által elvégzett – a légköri szén-dioxid mennyiség és a felszíni hőmérséklet emelkedése közötti kapcsolatot kimutató – számítások helytállóságával szemben [Panofsky, 1956; Revelle & Suess, 1957⁶⁴²].
- Callendar kitartott korábbi becslései helyessége mellett [Callendar, 1958], majd Bert Bolin és Erik Eriksson tételesen levezette, hogy az óceán felső keveredési rétege hamar telítődött az elnyelt szén-dioxiddal és emiatt az emberi tevékenységekből addig kibocsátott szén-dioxid jelentős része a légkörben maradt és felhalmozódott [Bolin & Eriksson, 1958⁶⁴³]. A szén-dioxidnak az atmoszféra és a bioszféra közti „forgalmát” is pontosabban megbecsülték.

⁶³⁷ „the combustion of fossil fuel [...] is likely to prove beneficial to mankind in several ways [...]. In any case the return of the deadly glaciers should be delayed indefinitely. As regards the reserves of fuel these would be sufficient to give at least ten times as much carbon dioxide as there is in the air at present.” (236. o.)

⁶³⁸ CO₂ theory of climate change „was never widely accepted and was abandoned when it was found that all the long-wave radiation absorbed by CO₂ is also absorbed by water vapour.” (1016. o.)

⁶³⁹ „it does seem significant that there are many facts about world-wide variations in the climate that can be explained in a simple, straight-forward manner only by the CO₂ theory.” (152. o.)

⁶⁴⁰ „In contemplating the probably large increase in CO₂ production by fossil fuel combustion in coming decades we conclude that a total increase of 20 to 40 % in atmospheric CO₂ can be anticipated. This should certainly be adequate to allow a determination of the effects, if any, of changes in atmospheric carbon dioxide on weather and climate throughout the earth.” (26. o.)

⁶⁴¹ A makroklíma: „1901-1930. évi időszak átlagainak [...] hozzávetőleges érvényességét tehát a XX. századra ténynek és irányadónak fogadhatjuk el.” [Bacsó et al., 1953: 33. o.]

⁶⁴² „average lifetime of a CO₂ molecule in the atmosphere before it is dissolved into the sea is of the order of 10 years [...] most of the CO₂ released by artificial fuel combustion since the beginning of the industrial revolution must have been absorbed by the oceans” (18. o.)

⁶⁴³ „less than 10 percent of the excess fossil CO₂ in the atmosphere should have been taken by the mixed layer [...] the mixed layer acts as a bottleneck in the transport of CO₂ to the deep sea” (133. o.)

Az „aeroszol kontra szén-dioxid” vita: globális lehűlés következik? A melegedési tendencia megtorpanása nyomán érthetően felmerült más tényezők hatásának és a globális lehűlés kezdetének a lehetősége is.

- George Kukla úgy vélte, hogy egy új eljegesedési időszak kezdődött és „a globális átlaghőmérsékletek végül kb. 1°C-t eshetnek a következő évszázadokban.” [Kukla, 1972]
- Az emelkedő szén-dioxid-kibocsátás 2000-ig kb. 0,6°C melegedést eredményezne, miközben az emberi tevékenységekből az aeroszol-kibocsátás is növekszik. Emiatt George Benton szerint az éghajlatra gyakorolt eredő hatásokat nehéz felmérni, ráadásul „a vulkánkitörések közvetlenül a sztratoszférába juttatnak részecskéket, ahol azok hatékonyan hűtik a Földet és a földi hőmérséklet csökkenése 1940 óta párhuzamosan történt a természetes vulkanikusság erősödésével” [Benton, 1970]. Mikhail Budyko mindkét forrásból származó aeroszokok hatását számításba veendőnek tartotta az 1940 utáni hőmérséklet-csökkenésben [Budyko, 1969⁶⁴⁴].

„Eppur si”: akik szerint mégis a felmelegedés fog folytatódni.⁶⁴⁵ Ahogyan a megfigyelési adatok gyűltek és jóval pontosabbá váltak, még többen valószínűsítették, hogy egy globális melegedési folyamatról van szó.

- A szén-dioxid többlet miatt növekvő üvegházhatást tartotta a legjelentősebb tényezőnek Syukuro Manabe és Richard Wetherland olyannyira, hogy becslést adtak a légköri gázkoncentráció megkétszereződése esetén várható hőmérséklet-emelkedésre (250. o.: 2×300 ppm esetén +1,3°C és +2,3°C között) [Manabe & Wetherland, 1967].
- James Hansen átmenetinek tartotta az 1940-1970 közötti hűvösebb időszakot, az aeroszokok korlátozott mértékű hűtőhatásáról pedig mások is közzétették elemzéseiket [Wang et al., 1976⁶⁴⁶]. Kenneth Hare kimutatta, hogy az átlaghőmérséklet visszaesése nem volt globális szintű, hanem csak az északi féltekére volt érvényes [Hare, 1979⁶⁴⁷].
- Az aeroszokok szerepét magyar kutatók is vizsgálták [Mészáros, 1996, 1999; Gelencsér, 2004]. Csak egy következtetésre hivatkozunk: „A szulfát (és egyéb részecskék) légköri tartózkodási ideje [...] csupán néhány nap. [...] Ezzel szemben a tíz-, sokszor százéves élettartalmú üvegházhatású gázoknak elég idő áll rendelkezésére ahhoz, hogy az egész légkörben elkeveredjenek és globális felmelegedést okozzanak” [Mészáros, 1996: 9. o.].

Ok vagy okozat? A felszínközeli átlaghőmérséklet és a légköri szén-dioxid koncentrációjának viszonyában arról is éles vita bontakozott ki, hogy mi volt előbb, azaz melyik változása vonta maga után a másik változását. Hiszen a hőmérséklet emelkedésével több lesz a vízgőz a légkörben, valamint növekedhet a szén-dioxid és a metán légköri kibocsátása. Más folyamatok is – a tengeri jég olvadása, a jégtakaró csökkenése miatt a felszíni albedó változása – hozzájárulhatnak egy szintig a további hőmérséklet-emelkedéshez, amíg ki nem alakul az éghajlati rendszer egy új egyensúlyi állapota.

⁶⁴⁴ „rise in temperature that began at the end of the last century stopped in about 1940, and a fall in temperature started. [...] it should be suggested that a decrease in radiation after 1940 could also depend on the increase of dust in the atmosphere due to the man’s activity.” (612. o.)

⁶⁴⁵ E bekezdés elején az „*eppur si*” a Galileinek tulajdonított, a Föld forgását igazoltnak tekintő kifejezésére utal az azt kétségbe vonókkal szemben; ilyen jellegű történetre más környezeti vonatkozású példák is léteznek [Farágó, 2018b].

⁶⁴⁶ „the likelihood that the potential counter-effect of atmospheric aerosols will be either sporadic (in the case of volcanic aerosols) or limited by the short lifetime of airborne particulates subject to fallout and rainout (in the case of tropospheric anthropogenic aerosols)” (689. o.)

⁶⁴⁷ „It is questionable, moreover, whether the trend is truly global. [...] Calculated variations in the 5-year mean air temperature over the southern hemisphere [...] show that temperatures generally rose between 1943 and 1975 [...] the scattered SH data fail to support a hypothesis of continued global cooling since 1938.” (65. o.)

- Az eljegesedési időszakok során a hőmérsékletváltozás megindulása válthatta ki egyéb hatások mellett a légköri szén-dioxid koncentráció ugyanolyan irányú lassú változását, ami ráerősíthetett a hőmérséklet további változására [Schneider, 1989⁶⁴⁸; Lorius et al., 1990].
- Ezekhez az akár néhány száz évig tartó korábbi „igazodási” folyamatokhoz képest, *jelenleg gyorsan változó és fordított a helyzet* [Hansen et al., 2008]: emberi tevékenységekből eredően növekszik a légköri szén-dioxid mennyisége, és elsődlegesen ez vonhatja maga után jóval rövidebb időtávon belül a globális éghajlat jelentős változását.⁶⁴⁹ Becslések szerint ezúttal néhány évtizedig tarthat, amíg a szén-dioxid-kibocsátás hatására a hőmérséklet-emelkedés eléri a maximumát [Ricke & Caldeira, 2014].

A hidegháború éghajlatmódosító kockázatai. Ennek az időszaknak a rideg „politikai klímájában” a két nukleáris nagyhatalom esetleges atomháborúja előidézhetette volna a „nukleáris telet”.

- A veszélyre utaló első figyelmeztetések már az 1950-es évek közepétől megjelentek [Neumann, 1955⁶⁵⁰; Ayers, 1965⁶⁵¹], de csak a légköri cirkulációs és éghajlati modellek, illetve a számítógépek fejlődése tette lehetővé az alaposabb becsléseket az 1970-es évektől. A két atomnagyhatalom szakértői a háttérben elemezték a társadalmi, gazdasági, valamint az azokra is visszaható környezeti következmények kockázatát. Ez hozzájárulhatott az 1972. évi nukleáris fegyverkorlátozási megállapodásokhoz. Az aggodalmat tükrözte az abban az évben megtartott ENSZ-konferencián elfogadott nyilatkozat is [UNCHE, 1972⁶⁵²].
- Az USA akadémiai bizottsága első jelentésében kitért a lehetséges légköri hatásokra: 10⁴Mt nagyságrendű nukleáris robbanásokat feltételezve, a globális átlaghőmérséklet-csökkenés csak kismértékű lenne szemben az ózonréteg károsodásával [NAS, 1975: I/1. 6. o.]. Paul Crutzen és John Birks is erre a következtetésre jutott [Crutzen & Birks, 1982]. A hatásvizsgálatokban alapvető fordulatot hozott az 1983. évi „TTAPS-jelentés” [Turco et al., 1983]; az abban felvázolt „nukleáris tél” jövőképet más kutatók eltúlozottnak tartották és „nukleáris ősze” finomították.
- Az „US-közleményeket” követték az első „SU-közlemények”: ezek felvezetését egy 1983. évi moszkvai konferencián két akadémikus, Alexander Obukhov és Georgy Golitsyn előadása jelentette. Mások pontosították egy atomháború lehetséges következményeit: a

⁶⁴⁸ „At the maximum of the last Ice Age 18,000 years ago, CO₂ levels were roughly 25% lower than pre industrial values. [...] whether the CO₂ level was a response to or caused the temperature changes is debated: CO₂ may have simply served as an amplifier or positive feedback mechanism for climate change” (772. o.)

⁶⁴⁹ *Pleistocene epoch*: „Let us consider climate change averaged over a few thousand years [...]. GHG and surface albedo changes are mechanisms causing the large global climate changes [...], but they do not initiate these climate swings. Instead changes of GHGs and sea level (a measure of ice sheet size) lag temperature change by several hundred years [...]. GHG and surface albedo changes are positive climate feedbacks. Major glacial-interglacial climate swings are instigated by slow changes of Earth’s orbit”. *Anthropocene era*: „Human-made global climate forcings now prevail over natural forcings [...]. If we stay our present course, using fossil fuels to feed a growing appetite for energy-intensive life styles, we will soon leave the climate of the Holocene, the world of prior human history. The eventual response to doubling pre-industrial atmospheric CO₂ likely would be a nearly ice-free planet”

⁶⁵⁰ „techniques that would also lend themselves to forms of climatic warfare as yet unimagined” (515. o.)

⁶⁵¹ „Qualitative considerations suggest that, on balance, the lower troposphere, and the surface of the ground, would be substantially cooler and drier for some time (weeks) after the detonation of a large number nuclear weapons” (116. o.)

⁶⁵² „Principle 26. Man and his environment must be spared the effects of nuclear weapons and all other means of mass destruction. States must strive to reach prompt agreement, in the relevant international organs, on the elimination and complete destruction of such weapons.”

lehűlést [Aleksandrov & Stenchikov, 1984⁶⁵³] vagy az éghajlati rendszer akár több évig tartó instabillá válását [Kondratyev, 1985, 1988].

- Ezek a kockázatértékelések vezettek el – az ICSU és a WMO támogatásával – a szakértői együttműködés létrejöttéhez és a két atomnagyhatalom közötti újabb nukleáris fegyverkorlátozási tárgyalásokhoz. Az ENSZ Közgyűlés határozata alapján 1985-re készült el az első összefoglaló értékelés [UN, 1985⁶⁵⁴]. Egy ICSU-kötet szerzői ugyancsak átfogóan tárgyalták a feltételezhető környezeti hatásokat [Pittock et al., 1986], az Éghajlatkutatási Világprogramhoz kapcsolódóan közreadott elemzés pedig kifejezetten a valószínűsített éghajlati következményeket vette számba [Golitsyn & Phillips, 1986]. A hidegháború éveiben a „klímaháború”, azaz az ellenfélnek ártó, korlátozott hatósugarú, szándékos éghajlatmódosítás lehetősége szintén felmerült⁶⁵⁵; ennek elkerülését is célozta a katonai eszközökkel történő környezetmódosítást tiltó egyezmény [ENMOD, 1976⁶⁵⁶].

4.1.3. Az erősödő tudományos bizonyosság

Az éghajlati rendszer működésének, állapotváltozásának jobb megértése komoly kihívás volt a tudományos közösség számára és egyúttal – az emberi beavatkozásokból fakadó esetleges és súlyos hatásokra tekintettel – felelősséggel is párosult. E vizsgálatokat elősegítették a bővülő megfigyelési információk, a fejlettebb modellezési és hatáselemzési módszerek.

A légköri nyomanyagok környezeti körforgása. Ennek alaposabb felméréséhez elengedhetetlen lett a szén-dioxid légköri mennyiségének és változásának pontosabb ismerete [Revelle & Suess, 1957⁶⁵⁷].

- Az USA Mauna Loa Obszervatóriumában (MLO) – az akkori legjobb minőségű spektrofotométerrel – Charles Keeling által 1958-ban megkezdett mérésekből hamar kitűnt a légköri szén-dioxid-koncentráció évi átlagértékének „kismértékű, de folyamatos” emelkedése [Keeling, 1960]. Ezekre az adatokra hivatkozva, Bolin és Eriksson a fosszilis tüzelőanyagok növekvő használatából eredő szén-dioxid-kibocsátásra vonatkozó feltételezésekkel az iparosodás előtti értékhez képest +25% és +40% közötti becslést adott a légköri szén-dioxid-tartalom 2000. évi értékére (ami ténylegesen +30% körüli érték lett) [Bolin & Eriksson, 1958: 141. o.].
- Pár év múlva a még egyértelműbb trend láttán, az USA elnökének tudományos tanácsadó bizottsága foglalkozott e témával. Ekkor készített tanulmányában Revelle a további légköri szén-dioxid-mennyiség növekedés, ennek nyomán számottevő átlaghőmérséklet-emelkedés és egy veszélyes éghajlatváltozás lehetőségét vetítette előre [Revelle, 1965⁶⁵⁸]. A szén-dioxid

⁶⁵³ „Проведенные численные эксперименты показывают, что в условиях длительного затемнения Северного полушария температура над его континентами падает на величину порядка 10° [...]. Южное полушарие пострадает меньше. [...] Индуцированные затемнением изменения климата смогут затухнуть, по-видимому, за время порядка двух лет.” (144. o.)

⁶⁵⁴ Az értékelés összeállítására felkért egyik szakértő Bora Gyula volt, a BKE rektorhelyettese (UNGA A/43/351, 1988).

⁶⁵⁵ climate warfare, deliberate climate modification

⁶⁵⁶ „the term "environmental modification techniques" refers to any technique for changing – through the deliberate manipulation of natural processes – the dynamics, composition or structure of the earth, including its biota, lithosphere, hydrosphere and atmosphere, or of outer space. [...] The provisions of this Convention shall not hinder the use of environmental modification techniques for peaceful purposes”

⁶⁵⁷ „Present data on the total amount of CO₂ in the atmosphere [...] are insufficient to give an accurate base line for measurement of future changes” (26. o.)

⁶⁵⁸ „Through his worldwide industrial civilization, Man is unwittingly conducting a vast geophysical experiment. Within a few generations he is burning the fossil fuels that slowly accumulated in the earth over the past 500 million years. [...] The climatic changes that may be produced by the increased CO₂ content could be deleterious from the point of view of human beings.” (126. o.)

mellett néhány más üvegházhatású gáz mennyiségének mérése is megindult az MLO-ban és a világ más tájain. Több ilyen gáz koncentrációja a légkörben azóta is emelkedik: a szén-dioxidé közelít a 150%-os szinthez az iparosodás előtti értékéhez képest, a metáné több mint 160%-kal, a dinitrogén-oxidé több mint 20%-kal magasabb értékű a korábbi értékénél [WMO, 2021⁶⁵⁹].

- A folyamatok jobb megértése érdekében még alaposabban fel kellett mérni a légköri nyomanyagok sugárzásátviteli tulajdonságait, az üvegházhatáshoz („sugárzási kényszerhez”) és annak változásához való hozzájárulásukat, antropogén és természetes eredetű kibocsátásaikat. Kritikus jelentőségű volt a növekvő mértékben antropogén forrásokból is eredő üvegházhatású gázok környezeti körforgásának pontosabb meghatározása, különösképpen a szén-dioxidra vonatkozóan (azaz a „szénciklusra”, többféle és nagyon eltérő időtartamú környezeti fluxusaira) [Archer & Brovkin, 2008⁶⁶⁰; Ciais et al., 2013⁶⁶¹; IPCC/WG-I, 2021⁶⁶²]. Ez elengedhetetlen volt légköri mennyiségük emelkedésének megértéséhez, okainak tisztázásához, jövőbeli ütemének becsléséhez. (A fogalomhasználat hosszú ideje tartó „zavarai” miatt is az IPCC részletes leírást adott közre a különböző időtartamok értelmezéséről [IPCC/WG-I, 2021⁶⁶³]).
- A megfigyelések, idősor-elemzések, kutatások Magyarországon is megkezdődtek: a légköri szén-dioxidé 1981-ben, majd más üvegházhatású gázoké [Haszpra et al., 2010; Haszpra, 2012]. Az újabb vizsgálatok kiterjedtek az aeroszolokra is, beleértve levegőtisztasági és éghajlati hatásaikat [Bozó, 2001; Bozó et al., 2006; Gelencsér, 2014].

A globális éghajlatváltozás kutatásának új időszaka. A fentiekkel párhuzamosan több és finomabb felbontású adat állt a kutatók rendelkezésére az éghajlati elemek, mindenekelőtt a felszínközeli hőmérséklet változékonyságának, tendenciaszerű változásának nyomon követéséhez.

- A globális átlaghőmérséklet az 1970-es évektől változó ütemben, de újra emelkedett – eltekintve a jelen évszázad első évtizedében történt, többféle módon magyarázott néhány éves megtorpanástól [Trenberth, 2015]. Az is még nyilvánvalóbb lett, hogy a már felismerten rendkívül soktényezős összefüggések, ezek alapján az éghajlati rendszer lehetséges jövőbeli állapotváltozásának és az abból eredő hatásoknak a további vizsgálatára van szükség.

⁶⁵⁹ „In 2020, greenhouse gas concentrations reached new highs [...], with globally averaged surface mole fractions for carbon dioxide (CO₂) at 413.2 ± 0.2 parts per million (ppm), methane (CH₄) at 1889 ± 2 parts per billion (ppb) and nitrous oxide (N₂O) at 333.2 ± 0.1 ppb, respectively, 149%, 262% and 123% of pre-industrial (1750) levels.” (5. o.)

⁶⁶⁰ „Confusion of net versus gross carbon fluxes can also lead to a conclusion of a short CO₂ lifetime. The lifetime of an individual CO₂ molecule released to the atmosphere may be only a few years, because of exchange fluxes with the ocean and with the terrestrial biota. [...] However, exchange of carbon has no impact on climate, only net uptake of carbon. The lifetime of climate impacts from CO₂ release will be much longer than the lifetime of the particular CO₂ molecules we release. The 5-year low end estimate of the lifetime of CO₂ from the 2001 IPCC must be an exchange lifetime, rather than an invasion lifetime.” (293. o.)

⁶⁶¹ „Carbon dioxide (CO₂), after it is emitted into the atmosphere, is firstly rapidly distributed between atmosphere, the upper ocean and vegetation. Subsequently, the carbon continues to be moved between the different reservoirs of the global carbon cycle, such as soils, the deeper ocean and rocks. Some of these exchanges occur very slowly. Depending on the amount of CO₂ released, between 15% and 40% will remain in the atmosphere for up to 2000 years, after which a new balance is established between the atmosphere, the land biosphere and the ocean.” (544. o.)

⁶⁶² „CO₂ has multiple residence times in the atmosphere from one year to many thousands of years [...], and N₂O has a mean lifetime of 116 years. They are both long-lived GHGs, while CH₄ has a lifetime of 9.0 years and is considered a short-lived GHGs” (5-47. o.)

⁶⁶³ turnover time, adjustment time (AVII-36. o.)

- Az éghajlatváltozás kutatásának új időszaka vette kezdetét. Erre utalt Keeling, amikor értékelte a légköri szén-dioxid pontosabb mérésének első évtizedét, de egyúttal a lehetséges következményeket is [Keeling, 1970⁶⁶⁴]. Bolin és Bischof finomították a becsléseket, jelezték a további kutatások irányait és felvetették, hogy szükség lehet a fosszilis tüzelőanyagokra alapozott energiaellátás felülvizsgálatára [Bolin & Bischof, 1970⁶⁶⁵]. Budyko a szén-dioxid kibocsátásán kívül a hőszennyezést is lényegesnek tartotta, és sürgősnek ítélte meg a gazdasági hatások számításba vételét, hogy azokra is fel lehessen készülni [Budyko, 1972⁶⁶⁶]. Schneider és Mesirov áttekintették és továbbfejlesztendőnek tartották az addigi módszertani megközelítéseket, valamint válaszintézkedéseket szorgalmaztak a valószínűsített éghajlatváltozás miatt [Schneider & Mesirov, 1976⁶⁶⁷]. E kutatások mind szélesebb körben folytak; ebben amerikai és orosz szakértők mellett a svéd Bert Bolinnak is kiemelkedő szerepe volt [Bolin et al., 1977].
- William Kellogg ekként jellemezte a helyzetet: a klímatudomány fejlődésével a legnagyobb előrehaladás az 1970-es években valósult meg annak felismerésével, hogy az emberiség képes lehet a globális éghajlat megváltoztatására [Kellogg, 1987⁶⁶⁸]. Számos tudományág képviselőinek részvételével a vizsgálatok folytatódtak, majd az 1970-es évek végétől kezdődően a nemzetközi együttműködésük fórumai, intézményi keretei is megteremtődtek.

Az antropogén éghajlatváltozás lehetősége és a hazai kutatók: az 1970-es évek nemzetközi fejleményeire a hazai tudományos közösség is felfigyelt; ennek érzékeltetésére néhány prominens kutató közleményére utalunk.

- Ambrózy Pál az 1970-évek elejétől nyomon követte e nemzetközi folyamatot [Ambrózy, 1971], majd Czelnai Rudolffal és Götz Gusztávval közösen elemezték az éghajlatváltozás problémakörét, utalva az emberi tevékenységek esetleges globális éghajlatmódosító hatása által kiváltott „új keletű aggodalomra” és a tudományos feladatokra [Ambrózy et al., 1977⁶⁶⁹].
- Mészáros Ernő a levegőkémiáról szóló könyvében felhívta a figyelmet arra, hogy az aeroszok is hatással lehetnek az éghajlatra [Mészáros, 1977]. Dobosi Zoltán és Felméri László szkeptikusak voltak az éghajlatváltozással, mint egyirányú állapotváltozással szemben [Dobosi & Felméri, 1977⁶⁷⁰]. Probáld Ferenc 1979-ben fejezte be egy kiskiadvány

⁶⁶⁴ „twenty-first century [...] the people living then, along with their other troubles, may also face the threat of climatic change brought about by an uncontrolled increase in atmospheric CO₂ from fossil fuels.” (17. o.)

⁶⁶⁵ „we still know very little of how rapidly the industrial CO₂ disappears into the biosphere and the oceans. [...] If significant climatic changes would become apparent as a result of such an increase of atmospheric CO₂, it might of course turn out to be necessary to switch to other energy sources than fossil fuels.” (440. o.)

⁶⁶⁶ „при существующих темпах хозяйственного развития деятельность человека может в близком будущем привести к изменениям глобального климата.” (44. o.)

⁶⁶⁷ „There are various estimates of the response of globally averaged surface temperatures to a doubling of CO₂ [...]. Although these predictions vary considerably, probably the best order of magnitude estimate that can be made today is for a surface warming by some 1.5 to 3°K globally.” (180. o.)

⁶⁶⁸ „The world has progressed a long way in the century since Tyndall, Chamberlin, and Arrhenius made those first tentative suggestions about mankind's ability to change the global climate. By far the biggest advances in the evolution of an awareness that this could really be true was in the 1970s.” (132. o.)

⁶⁶⁹ „Milyen volt a múltban és milyen lesz a jövőben az emberi tevékenység hatása az éghajlatra? Hogyan mutakozhat a jövőben a természetes és antropogén tényezők együttes hatása? [...] olyan helyzetben van-e az emberiség, hogy szükség esetén megfordíthatja-e a kedvezőtlen éghajlatváltozásokat?” (56. o.)

⁶⁷⁰ „éghajlatváltozás és éghajlatingadozás éles megkülönböztetésének nincs sok értelme, mert ha pl. jelen időszakban az észlelési adatok mutatnának is egyirányú változást, ha nem ismerjük az okát, nem tudjuk eldönteni, hogy egyirányú változásról [...] van-e szó. [...] az ember természetátalakító munkája szintén eredményezhet éghajlatváltozást. Napjainkig azonban ez mikroklimatikus vagy legfeljebb mezoklimatikus méretű volt” (216. o.)

kéziratát, amelyben szó volt a légköri szén-dioxid és a visszacsatolási mechanizmusok miatti kockázatokról is [Probáld, 1981⁶⁷¹].

A klímamodellezés kezdetei és fejlődése. Az éghajlati rendszer konkrét számításokon alapuló átfogó vizsgálatához, azaz a fejlettebb numerikus klímamodellezéshez az 1970-es évektől kezdtek rendelkezésre állni a feltételek: e rendszer főbb összetevőinek, tulajdonságainak és kölcsönhatásainak jobb ismerete, matematikai-fizikai eszközökkel való leírása, a részletesebb megfigyelési adatok, valamint az e globális rendszert leképező numerikus modellek alkalmazásához a kellő kapacitású számítástechnikai eszközök. A számítógépek 1970-re érték el egy „történelmi” műveletsebességi szintet (1 MIPS), az első szuperszámítógép (CRAY-1, közel 100 MIPS) legelső vevője pedig a numerikus klímamodellekkel is foglalkozó egyik USA-beli kutatóközpont volt.⁶⁷²

- Az első numerikus modellek még egyszerűsített globális energia-egyensúlyi megközelítéseken, majd az 1950-es évektől kifejlesztett globális légkörzési modellek elméleti változatain alapultak, de már ezekkel is „érzékenységi” számításokat végeztek annak tisztázására, hogy a légköri szén-dioxid-tartalom növekedése milyen következményekkel járna [Manabe & Wetherald, 1967].
- Idővel egész modell hierarchia jött létre, köztük a légkör és valamelyest már az óceán folyamataival való kölcsönhatásokat leíró modellek (a majdani „csatolt” légkör-óceán modellek előfutárai), de ezek még mindig nagyon sok egyszerűsítéssel készültek [Schneider & Dickinson, 1974⁶⁷³].
- Ahhoz, hogy az éghajlati rendszer összes lényegesebb összetevőjét, visszacsatolási mechanizmusát (pl. a felhőzettel kapcsolatosakat) „beépíthessék” a modellekbe, még jobb számítógépekre lett volna szükség. Ezzel magyarázható, hogy további egyszerűbb – sztochasztikus, statisztikus-dinamikus – modelltípusok is megjelentek [Hasselmann, 1976; Saltzman, 1978; Farago, 1978].
- A következő évtizedben már a teljes rendszert leíró modellek segítségével elemezték a „szén-dioxid problémát”, de az is látszott, hogy még pontosabb számításokra lenne szükség [Kellogg, 1987⁶⁷⁴]. Azóta is töretlenül folytatódnak a modellfejlesztések és a hatásbecslések a különböző tudományos központokban⁶⁷⁵. Az 1980-as évek közepétől kiszélesedhetett ez az együttműködés, és ennek eredményei vezettek el az antropogén éghajlatváltozás lehetőségének elfogadásához, a klímapolitikai válaszok kidolgozásához.

⁶⁷¹ „A légkör szén-dioxid-készletének gyarapodása – ez vitán felül áll – az éghajlat csekély fölmelegedését idézi elő. Az éghajlati rendszer érzékeny egyensúlyának ilyen megbomlása azonban további klimatikus folyamatoknak ad lökést, és valóságos láncreakciót indít el.” (107. o.)

⁶⁷² Az 1980-as években egy amerikai-magyar tudományos program résztvevője volt e kötet szerzője; akkor „találkozhatott” az USA Nemzeti Légkörkutató Központjában az említett számítógép még nagyobb kapacitású utódjával.

⁶⁷³ „even today we possess much of the scientific information required to construct models of our present climate and to identify the dominant physical processes of climate change. Such climate models will be indispensable tools for the understanding and ultimate prediction of climate change, but these tools are as yet unsharpened” (488. o.)

⁶⁷⁴ „Our mathematical models of the global climate system are getting better and better, as both human ingenuity and increasingly fast computers allow us to take more physical factors and interactions into account. However, the spatial resolution of the best current climate models is still about 400 x 400 kilometers [...], and this barely begins to give us some insight into what might happen regionally” (128. o.)

⁶⁷⁵ Ilyen pl. a régóta „modellező” amerikai NCAR és orosz GGO, 1990-től a brit HCCPR, 1992-től a német PIK. (NCAR: National Center for Atmospheric Research; HCCPR: Hadley Centre for Climate Prediction and Research; GGO: Главная Геофизическая Обсерватория; PIK: Potsdam Institut für Klimafolgenforschung)

A klímamodellezés hazai elindulása. A nemzetközi modellezési kísérletek felkeltették a hazai kutatók érdeklődését és először elméleti, majd numerikus modellalkotásokra és szimulációkra is sor került.

- A légköri folyamatok modellezésének szentelt 1976. évi hazai konferencián Ambrózy Pál, Czelnai Rudolf és Götz Gusztáv előadása, majd ennek részletesebb kifejtését tartalmazó írása az éghajlatmodellezés elméleti kérdéseiről szólt [Ambrózy et al., 1977]. Érzékeltették e feladat bonyolultságát: „Prognosztikus modelleket kellene szerkeszteni, amelyek lehetővé tennék az éghajlat egy hónaptól néhány évszázadig terjedő változásainak, trendjeinek, legalább statisztikai értelemben vett előrejelzését és az emberi tevékenység hatásainak szimulálását [...]. E célkitűzés jelentőségéről nem lehetnek kétségeink, de az is valószínű, hogy az éghajlat-előrejelzés feladata az eddig egyáltalán felvetett legnehezebb és legösszetettebb tudományos problémák közé sorolható.”
- Újabb elméleti tanulmányok [Götz et al., 1978; Faragó, 1979; Götz, 1981; Faragó, 1981a], majd már numerikus modellekkel végzett első hazai vizsgálatokról és a modellek továbbfejlesztésének szükségességéről jelentek meg közlemények [Mika, 1981; Pálvölgyi, 1985; Práger et al., 1986; Práger & Pálvölgyi, 1989; Szalai, 1989; Bartholy et al., 1996⁶⁷⁶]. A nemzetközi együttműködésbe való bekapcsolódás nagyban elősegítette a hazai klímamodellezési tevékenységet.

* * *

A globális éghajlati rendszer működésének megértése, az annak állapotát feltehetően befolyásoló természeti és emberi eredetű tényezők azonosítása, a lehetséges következmények latolgatása hosszú időn át tartott. Mindenekelőtt a légkör összetételének, sugárzásátviteli tulajdonságainak, üvegházhatásának megismerése, az éghajlati rendszer természeti hajtóerők által kiváltott állapotváltozásainak a felismerése lett kulcsfontosságú ahhoz, hogy később, más kutatók által felbecsülhetőek legyenek az e rendszer működésére ható, fokozatosan erősödő emberi beavatkozások és azok hatásai. A 19. század során és a 20. század első évtizedeiben végbement – éles viták közepette zajló – tudományos kutatási folyamat epizódjai jól mutatják: miképpen bontakozhat ki az ismeretek gyarapodása és pontosítása a korábbi és az újabb eredmények figyelembevételén és/vagy elvitatásán keresztül, továbbá mennyire lényeges ehhez a megfigyelési technikák és az elméleti módszerek fejlődése. Mindennek betudhatóan világossá vált, hogy e rendszer sokkal bonyolultabb annál, mint ahogyan annak megismeréséig a tudományos közösség eljutott az 1940-es évekig és ezzel összefüggésben a „szén-dioxid elmélet” megerősítéséhez vagy elvetéséhez is pontosabb eljárásokra van szükség. A 20. század közepétől felgyorsult és sokrétűvé vált kutatások még inkább igazolták, hogy e bonyolult globális rendszer állapotváltozásait, az ok-okozati kapcsolatokat nem lehet túlegyszerűsített módon, egy vagy néhány tényezőre, kölcsönhatásra szorítkozva elemezni, értelmezni. Ugyanakkor a komplex és behatóbb vizsgálatokhoz szükséges fejlett megfigyelési és számítástechnikai lehetőségek, biogeokémiai és más szakterületi ismeretek akkor még nem jutottak el arra a szintre, hogy az éghajlati rendszerre ható emberi tevékenységek kockázatos hatásairól megalapozottabb tudományos állításokat lehessen közreadni. Az 1980-as évtizedre azonban már nemcsak e rendszer állapotát befolyásoló, különböző időskálákon ható tényezők és visszacsatolások sokrétűsége lett kellően ismert, hanem gyors ütemben fejlődtek a modellek, amelyekkel érzékenységi és előrejelezhetőségi kísérleteket végeztek. Ezek nyomán megszilárdult a tudományos vélekedés, hogy a földi éghajlatra gyakorolt emberi hatásoknak kockázatos környezeti és társadalmi következményei lehetnek, továbbá annak belátása, hogy a továbblépéshez elengedhetetlen a tudomány képviselőinek hatékonyabb együttműködése is.

⁶⁷⁶ „Ha az éghajlatmodellek elmúlt 30 évi fejlődését tekintjük – dacára annak, hogy e modellek térbeni felbontása sokat javult és a figyelembe vett kölcsönhatások száma is gyarapodott – a bizonytalanság leküzdésében nem történt döntő áttörés.” (37. o.)

4.2. AZ ÉGHAJLATI RENDSZER MEGFIGYELÉSÉNEK ÉS VIZSGÁLATÁNAK NEMZETKÖZI KERETEI

Az éghajlati rendszer összetevőinek globális léptékű megfigyelésére, az ebből származó információk elemzésére, e rendszer állapotváltozásának és az abból fakadó hatások vizsgálatára irányuló együttműködés a 19. század közepétől fokozatosan alakult ki. A tudomány- és nemzetközi együttműködés nélkülözhetetlen lett e rendszer működésének megértéséhez és az olyan megalapozott ajánlások megfogalmazásához, amelyek által mérsékelhetők lehetnek a kockázatosnak ítélt változások, illetve elősegíthető az elkerülhetetlennek látszó káros hatásokra való felkészülés.

4.2.1. Az éghajlati rendszer globális megfigyelése

Az éghajlati folyamatok megfigyelése közel másfél évszázad alatt jutott el egy globális megfigyelő rendszer létrejöttéig. Az ebből származó információk nélkül nem lehetett volna kellő pontossággal azonosítani a földi éghajlat állapotának változását, fejleszteni és tesztelni a globális klímamodelleket, értékelni a különböző természeti kényszerek és emberi beavatkozások hatásait.

Az alapvető éghajlati elemek esetében a megfigyelések kiterjesztésének célszerűsége a 19. század második felében merült fel, de azok globális léptékűvé – már légkörfizikai, levegőkémiai mérésekkel is kiegészülve – csak az 1960-as évektől váltak.

- Az 1870-es években a Nemzetközi Meteorológiai Szervezet megalapításával vette kezdetét e folyamat, majd a 20. század elején – a sztratoszféra egyik felfedezőjének, Léon de Bortnak a javaslata alapján – megszületett az első nemzetközi éghajlati állomáshálózat és adatbázis. Ennek híján Callendar nem végezhetett volna el első számításait a légköri szén-dioxid és a felszíni átlaghőmérséklet összefüggéséről, bár a szén-dioxid esetében csak kevés és nem túl pontos mérési adatra támaszkodhatott [Callendar, 1938: 224., 234. o.].
- Egy szűk körű stockholmi nemzetközi találkozón felmerült, hogy megfelelő mérési adatok nélkül nem igazolható a „szén-dioxid elmélet”, a mérésekhez pedig olyan helyszínt kellene választani, amelyik távol van minden zavaró lokális légköri hatástól [Eriksson, 1954⁶⁷⁷]. A Nemzetközi Geofizikai Év programjához való egyik USA-hozzájárulásként 1957-től megkezdődtek a pontos szén-dioxid mérések a Mauna Loa Obszervatóriumban (MLO).
- Az ENSZ 1961. évi 1721 (XVI) határozata nyomán 1963-ban indult meg egy Globális Megfigyelő Rendszer (WWW-GOS) kifejlesztése, később – a klimatológiai megfigyelésekkel együtt – egy integrált rendszerré való átalakítása (WIGOS)⁶⁷⁸ [Zillmann, 2009]. A légkör összetételével és ezen belül az üvegházhatású gázokkal kapcsolatos mérések egy ideig külön „szervezeti utakon” jártak és globális hálózati szintre csak akkor emelkedtek, amikor 1967-től az USA egyik laboratóriuma⁶⁷⁹ a szerte a világban található levegőkémiai állomásokról megküldött mintákból meghatározta és közzétette az üvegházhatású gázok koncentrációinak adatait. 1969-ben pedig megszervezték a Háttérszennyezés Megfigyelő Hálózatot (BAPMoN), amelyik 1989-től – az ózonméréseket is magában foglalva – Globális Légköri Megfigyelő Rendszerként (GAW) folytatta működését. (Magyarország az itt említett globális hálózatokhoz csatlakozott.)

⁶⁷⁷ „places with slight climatic variations and remote from any kind of atmospheric disturbances which may give rise to local changes are most suitable. Probably the most ideal place would be somewhere in the middle of the Sahara desert, and it was recommended to plan for such a station in the future. Another possible place would be Hawaii if samples were taken above the trade-wind inversion” (305. o.)

⁶⁷⁸ Global Observing System (World Weather Watch: GOS); WMO Integrated Global Observing System (WIGOS)

⁶⁷⁹ NOAA/ESRL/GML

Az éghajlati rendszer megfigyelése. A globális környezeti monitoring rendszerből és különösen az annak részét képező éghajlati megfigyelő rendszerből származó információk nélkülözhetetlenek lettek úgy az éghajlatváltozási kutatásokhoz, mint a nemzetközi klímapolitikai célkitűzések, intézkedések meghatározásához és azok végrehajtásának értékeléséhez.

- Már kifejezetten az éghajlatváltozás vizsgálatának előmozdítása érdekében állapodott meg 1992-ben több nemzetközi szervezet⁶⁸⁰ a Globális Éghajlati Megfigyelő Rendszer létrehozásáról [GCOS, 1992; Karl et al., 1995⁶⁸¹].
- Egy ilyen rendszer szükségessége az 1990. évi 2. Éghajlati Világkonferencián merült fel és nem véletlen, hogy az említett megállapodás megkötése nem sokkal az éghajlatváltozási ENSZ-egyezmény elfogadása előtt történt. Valamivel később (2005-től) az üvegházhatású gázok európai regionális megfigyelő rendszerének fejlesztése is útjára indult [Haszpra, 2011a].



4.2.2. Tudományos együttműködés az éghajlatváltozás vizsgálatára

A globális klímarendszer vizsgálatában az 1970-es évektől számítható új szakasz két fő állomásának az 1979. évi genfi klímakonferencián a világprogram elindításának kezdeményezését és az éghajlatváltozási testület (IPCC)⁶⁸² 1988. évi megalakítását tekinthetjük. Ez utóbbi célja lett a tudomány és a politika képviselői közötti közvetlen kapcsolat megteremtése is. Azóta az intézményrendszer tovább bővült, akárcsak az éghajlati rendszerre vonatkozó ismeretek köre.

A nemzetközi kutatási együttműködés kezdetei. A felmelegedés 1940-1970 közötti „megállása” által keltett vita, valamint az akkori megfigyelőrendszerből származó adatok és a numerikus modellezéshez szükséges számítástechnika kapacitások korlátozottsága miatt a kutatók eleinte csak az emberi tevékenységek *lehetséges* globális éghajlati hatásairól, valamint a megfigyelő rendszerek fejlesztésének és a vizsgálatok kiterjesztésének szükségességéről tudtak egyetértésre jutni. Ilyen megállapításokkal találkozhatunk az 1971. évi stockholmi klímakonferenciáról beszámoló kötetben [SMIC, 1971] és a rákövetkező évben megtartott ENSZ-konferencia éghajlatkutatási ajánlásaiban.

- Egy 1974-ben megtartott budapesti ülésen elhatározták, hogy a már évek óta futó Globális Légkörkutató Programnak (GARP)⁶⁸³ Klímadinamikai Alprogramja is legyen [Ambrózy et al., 1977]. Ennek céljait a svédországi Wijkben megtartott konferencián egyeztetették [GARP, 1975⁶⁸⁴].
- Ugyancsak az antropogén éghajlatváltozási kutatások kiszélesítésének igényére utalt egy nemzetközi szakértői jelentés és a WMO 1976. évi nyilatkozata [Gibbs et al., 1976; WMO, 1976]. Ez utóbbiból kitűnt, hogy a korábbiaknál sokkal valószínűbbnek tartották a fosszilis

⁶⁸⁰ ICSU, UNEP, UNESCO-IOC, WMO

⁶⁸¹ „The development of a GCOS offers the opportunity for scientists to do something about existing observing deficiencies in light of the importance of documenting long-term climate changes that may already be affected by anthropogenic changes of composition and land use as well as other naturally occurring changes.” (136. o.)

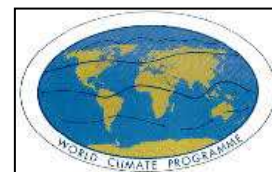
⁶⁸² Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

⁶⁸³ A GARP elindításáról az ENSZ 1961. évi 1721 (XVI) határozata rendelkezett.

⁶⁸⁴ Introduction: „it is not clear whether man's activities have yet increased to such a level that they have contributed significantly to the largescale variations of climate as recorded during the last decades. [...] The assessment of the degree of predictability of both natural and man-produced fluctuations is therefore of considerable significance.” (26. o.)

tüzelőanyagok használatából eredő szén-dioxid kibocsátások globális melegedést előidéző hatását.⁶⁸⁵

Az első Éghajlati Világkonferencia 1979. évi megrendezése és az **Éghajlati Világprogram elindítása** jelentette az emberi tevékenységek éghajlatra gyakorolt hatásainak feltárását célzó globális szintű összefogás kezdetét. Ehhez lényeges körülmény volt az akkori enyhültebb „világpolitikai klíma”: így a világ minden régiójából számos szakmai intézmény vezetője is részt vett ezen az eseményen.



- A genfi konferencia állásfoglalása az annak valószínűsége által kiváltott aggodalomról szólt, hogy az emberi tevékenységek miatt emelkedő légköri szén-dioxid mennyiség hozzájárulhat a felmelegedéshez, de arról is, hogy nincs elegendő ismeret a folyamatról és a következményeiről [WMO, 1979⁶⁸⁶]. (A kockázat felismerése, de a nem kellő tudományos bizonyosság tükröződött akkor a környezeti savasodással kapcsolatos együttműködésben és a vonatkozó 1979-es páneurópai egyezményben is, ami közvetve hatott a „klímaprobléma” megközelítésére [Faragó, 2016a].)
- Az Éghajlati Világprogram céljai a következők lettek: az éghajlati rendszer érzékenységi és előrejelezhetőségi kutatása, a rendszer állapotában előrevetíthető változások lehetséges hatásainak felmérése, ezek érdekében a megfigyelő- és adatfeldolgozó hálózat fejlesztése, az ebből származó információk hasznosítása egyebek mellett a változásokra való felkészülésben. Így a programnak négy összetevője lett: az éghajlatkutatási, a hatásvizsgálati, az adatokkal és az alkalmazásokkal foglalkozó alprogramok⁶⁸⁷. Czelnai Rudolf szerint amellet, hogy a genfi konferenciának volt köszönhető az Éghajlati Világprogram megszületése, ez volt „az első nagy seregszemléje azoknak a kutatóknak, akik érdemben tudtak valami fontosat a témához hozzátenni.” [Czelnai, 2006]
- E nemzetközi fejleményeknek rövid időn belül meglettek a hazai hatásai is: 1980-ban az MTA-székházban megtartott tudományos ülésszak programját a világprogram inspirálta [Götz, 1981]; az MTA-MTB⁶⁸⁸ GARP-albizottsága pedig átalakult Éghajlati Világprogram Albizottsággá, amelynek tagjai a nemzetközi klímatudományi együttműködést értékelték és az ahhoz való hazai kapcsolódás lehetőségeit elemezték [Faragó, 1981a, 1981b].

A nemzetközi klímakutatási program megvalósítása, továbbfejlesztése.

A GARP Klímadinamikai Alprogramjának tapasztalatait számításba vették, amikor a kutatások folytatásáról és kiterjesztéséről döntöttek.



⁶⁸⁵ „Burning of oil and coal increases the amount of carbon dioxide in the atmosphere and this could produce a long-term warming [...]. The release of chemicals (for example, chlorofluoromethanes) and the increase in the dust content in the atmosphere as a result of man's activities, if not checked, might also alter the climate. [...] Improved understanding of and improved ability to predict the impact of man's activities on the global climate is needed in view of their possible consequences.” (17. o.)

⁶⁸⁶ „There is serious concern that the continued expansion of man's activities on earth may cause significant extended regional and even global changes of climate. This possibility adds further urgency to the need for global co-operation to explore the possible future course of global climate [...] we can say with some confidence that the burning of fossil fuels, deforestation, and changes of land use have increased the amount of carbon dioxide in the atmosphere [...]. Carbon dioxide plays a fundamental role in determining the temperature of the earth's atmosphere, and it appears plausible that an increased amount of carbon dioxide in the atmosphere can contribute to a gradual warming of the lower atmosphere, [...] but the details of the changes are still poorly understood.” (3-4. o.)

⁶⁸⁷ World Climate Research Programme (WCRP / Éghajlatkutatási Világprogram); World Climate Impacts Programme (WCIP / Éghajlati Hatások Világprogramja); World Climate Programme (WCDP / Éghajlati Adatok Világprogramja); World Climate Applications Programme (WCAP / Éghajlati Alkalmazások Programja)

⁶⁸⁸ Az MTA Meteorológiai Tudományos Bizottsága (MTB)

- A jóval tágabb célokkal 1979-ben elindult Éghajlatkutató Világprogram (WCRP) koordinálását az ICSU-val közösen a WMO vállalta. Ezzel párhuzamosan kezdődött meg az Éghajlati Világprogram többi összetevőjének végrehajtása.⁶⁸⁹ A program eredményeinek betudhatóan az 1980-as évek második felétől már az antropogén éghajlatváltozás kockázatának mérséklése, az alkalmazkodást elősegítő klímapolitikai intézkedések megalapozása is napirendre került.
- Más globalizálódó és az éghajlatváltozással kölcsönhatásban álló folyamatokra ugyancsak jobban odafigyelt a tudományos közösség: így a magaslégtér ózonréteg veszélyeztetésére, a biológiai sokféleség csökkenésére. Az ICSU keretében pedig felmerült egy „Nemzetközi Geoszféra-Bioszféra Program” (IGBP) célszerűsége a földi környezet állapotát befolyásoló természeti és emberi eredetű hatások összességének és összefüggéseinek a kutatására [ICSU, 1987⁶⁹⁰].

Az Éghajlati Világprogram elősegítette az éghajlati rendszer átfogó vizsgálatát és ennek érdekében a különféle tudományágakat képviselő kutatók hatékony részvételét és együttműködését.

- Az 1990. évi 2. Éghajlati Világkonferencia után a programot megújították, alprogramjait kibővítették⁶⁹¹, azok végrehajtásába minden régióból sokkal több és többféle területen tevékenykedő szakember kapcsolódott be.
- Az éghajlati rendszert befolyásoló antropogén tevékenységek elemzése mellett nagyobb hangsúlyt kapott a várható hatásokra adandó válaszok megalapozása is.⁶⁹² Az alkalmazások programját felülvizsgálták érzékelve, hogy pl. a mezőgazdaság, a vízgazdálkodás számára mennyire fontos az éghajlat változásának és változékonyságának az ismerete.
- Az adatprogram is változott a sokkal több, gyakoribb és pontosabb mérésre alkalmas eszközök révén, majd 2005-től az éghajlati rendszer tanulmányozásának lehetőségeit kiszélesítette a Földmegfigyelő Rendszerek tevékenységét összekötő, koordináló hálózat létrejötte (GEOSS).
- Mindezen programfejlesztések és az azok keretében elért eredmények hozzájárultak ahhoz, hogy az 1990-es évek elejétől meginduljon – a gyarapodó tudományos ismeretekre támaszkodva – a tevételes nemzetközi klímapolitikai együttműködés.

4.2.3. Klímatudomány és klímapolitika: a „párbeszéd” intézményesítése

Egy nemzetközi szakértői konferencia résztvevői (Villach, 1980. november) arra a következtetésre jutottak, hogy nem elegendő a globális éghajlati rendszer – elsősorban a fosszilis tüzelőanyagok növekvő felhasználásából eredő – állapotváltozásának elméleti esélyét mérlegelni, hanem a lehetséges következmények kutatását is fel kell gyorsítani a döntéshozók

⁶⁸⁹ Az adat- és alkalmazási programok koordinálásáért a WMO felelt, a hatásvizsgálati programért pedig az UNEP, de ennek megvalósításában más szervezetek is közreműködtek (pl. FAO, IIASA).

⁶⁹⁰ „a primary goal of the Programme is to advance our ability to predict change in the global environment. The development of this capability will require cooperative and complementary efforts with climate modellers in order to incorporate the appropriate level of understanding for relevant global biological, geological, and chemical processes into physical models of the earth system.” (2-3. o.) Az IGBP-t 2015-től a valóban holisztikus „Future Earth” tudományos (keret)program követte, de ennek is fontos összetevője maradt a WCRP.

⁶⁹¹ WCIRP: World Climate Impacts Assessment and Response Strategies Programme; WCASP: World Climate Applications and Services Programme; WCDMP: World Climate Data and Monitoring Programme

⁶⁹² E program Tudományos Tanácsadó Bizottságának (UNEP-SAC) tagja lett 1992-ben e kötet szerzője.

tájékoztatása érdekében [WCP, 1981⁶⁹³]. E rendszer működését, az arra különböző időléptékben, mértékben ható sokféle természeti erő és emberi tevékenység miatti állapotváltozását és mindezek hatásait illetően megerősödött, de továbbra is korlátozott volt a tudományos bizonyosság. Mégis az elővigyázatosság érdekében célszerűnek látszott a kezdeti intézkedések megfontolása. Ugyane „bizonytalansági” okokból – mint korábban – ellenérvek is napvilágot láttak, azaz mások kétségbe vonták az akkori modellek megfelelőségét és az antropogén éghajlatváltozási következtetések megalapozottságát [Ellsaesser, 1984].

Eljött az ideje a klímapolitikának és egy klímaegyezménynek is? 1985 tavaszán fogadták el az egyezményt az ózonréteg védelmére. Ez nemcsak hivatkozási alap, „precedens” lett az éghajlatváltozás kockázatát vizsgáló szakemberek számára, hanem egyértelmű ösztönzést jelentett, hogy mielőbb tovább kell lépni ebben az ügyben is a klímapolitikai lépések megalapozásával.

- Az újabb nemzetközi találkozón (Villach, 1985. október) elfogadott állásfoglalás szerint bár még továbbra is számottevő a tudományos bizonytalanság, de a légköri „üvegház-probléma” megértése eljutott arra a szintre, hogy a tudósoknak és a politikusoknak aktívabban foglalkozniuk kell e kérdéssel, fel kell tárniuk a megelőzés és az alkalmazkodás lehetőségeit, továbbá kezdeményezniük kell egy globális egyezmény kidolgozását [WCP, 1986⁶⁹⁴; Bolin et al., 1986; KTM-OMSZ, 1990].
- Az 1987. évi fórumokon (Villach, Bellagio) pedig – a mielőbbi intézkedések tartalmának tisztázásán túlmenően – egyetértettek abban, hogy egy kormányközi mechanizmusra is szükség van és sürgették a klímapolitikai teendőket meghatározó nemzetközi jogi eszköz elkészítésének megkezdését [Jäger, 1988⁶⁹⁵]. Az 1988. évi torontói konferenciára már mintegy negyven országból érkeztek tudósok és ezen országok többségéből kormánytagok, és nemcsak megerősítették a globális intézmény- és szabályozásfejlesztési javaslatokat, hanem a közös nyilatkozatba konkrét kibocsátáscsökkentési célszámok is bekerültek [WMO, 1989⁶⁹⁶].
- A Környezet és Fejlődés Világbizottság szintén kitért jelentésében az éghajlatváltozásra: sürgősnek tartva a kormányok és a tudományos közösség együttműködését, a nemzetközileg egyeztetett kibocsátáscsökkentési és alkalmazkodási politikák meghatározását, egy egyezmény kidolgozását [WCED, 1987⁶⁹⁷]. (E bizottság összetétele példamutató volt a tudomány és a politika közötti párbeszéd fontosságának jelzéséhez: elnöke Gro Harlem

⁶⁹³ „It is essential that the research proposed here be undertaken as a matter of urgency so as to put on a firmer scientific basis any intergovernmental action that may be required to accommodate a potential situation with which the world has not yet been confronted.” (3. o.)

⁶⁹⁴ „Major uncertainties remain [...]. Nevertheless, the understanding of the greenhouse question is sufficiently developed that scientists and policy-makers should begin an active collaboration to explore the effectiveness of alternative policies and adjustments. [...] UNEP, WMO and ICSU should [...] initiate, if deemed necessary, consideration of a global convention.” (3-4. o.)

⁶⁹⁵ „Examination by organizations, including the intergovernmental mechanism to be constituted by the WMO and UNEP in 1988, of the need for an agreement on a law of the atmosphere as a global commons or the need to move towards a convention along the lines of that developed for ozone.” (v. oldal)

⁶⁹⁶ „Stabilizing the atmospheric concentrations of CO₂ is an imperative goal. [...] require reductions of more than 50% from present emission levels. [...] Reduce CO₂ emissions by approximately 20% of 1988 levels by the year 2005 as an initial global goal. Clearly, the industrialized nations have a responsibility to lead the way” (Declaration: 6. o.)

⁶⁹⁷ „A lot of policy development work is needed. This should proceed hand in hand with accelerated research to reduce remaining scientific uncertainties. Nations urgently need to formulate and agree upon management policies for all environmentally reactive chemicals released into the atmosphere by human activities, particularly those that can influence the radiation balance on Earth. Governments should initiate discussions leading to a convention on this matter.” (177. o.)

Brundtland norvég miniszterelnök, helyettese Mansour Khalid szudáni miniszterelnök-helyettes volt, tagjainak az ENSZ régióiból politikusokat és tudósokat kértek fel, utóbbiak sorában Láng Istvánt, az MTA akkori főtitkárát.)

- A klímapolitikai válaszok meghatározásának felgyorsítása, a klímaegyezmény szükségessége melletti elköteleződést is kifejezte a 2. Éghajlati Világkonferencián elfogadott állásfoglalás és a miniszterek közös nyilatkozata⁶⁹⁸ [Jäger & Ferguson, 1991⁶⁹⁹]. (E konferencián részt vett Antal Emánuel /OMSZ/, Láng István /MTA/, Starosolszky Ödön /VITUKI/, Vásárhelyi Judit /FÖK/ is; külön kiadvány készült a hazai klímatudományi fejleményekről [Antal & Starosolszky, 1990] és a poszter-szekcióban ott volt Ambrózy Pál összeállítása is Magyarország változó csapadékviszonyairól.)

Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC): *a klímatudomány és a klímapolitika kapcsolatának globális intézményi kerete.* E testület 1988-ban alakult meg azzal a célkitűzéssel, hogy az antropogén éghajlatváltozásról és hatásairól elért legújabb kutatási eredmények – a különböző tudományágak képviselői által közösen – összefoglalt lényegének és értékelésének ismeretében mérlegelhessek a politikai döntéshozók a teendőket [IPCC, 1988⁷⁰⁰; IPCC, 1998⁷⁰¹]. (Ennek egyik „előképe” volt az ICSU-SCOPE: annak is a közzétett kutatási eredmények szintézisének elkészítése, közreadása volt a feladata.)



- E testület nem egy „klasszikus” tudományos fórum, hanem a (klíma)politikai döntéshozatalt elősegítő szervezet; működésének alapját a minden érintett szakterületről és a világ összes régiójából jelölt és kiválasztott kutatók együttműködése képezi [Bolin, 2007⁷⁰²]. A működési rendjét, a jelentések „döntéshozói összefoglalóit” – a kutatók és a kormánydelegációk között létrejött kompromisszumokkal – a kormányok képviselői hagyják jóvá. Ekként születtek meg a testület eddigi jelentései (1990, 1995, 2001, 2007, 2014) és e módon készül a hatodik értékelő jelentés. A testület tevékenységét Nobel-békedíjjal ismerték el 2007-ben.⁷⁰³
- A tudomány és a politika eltérő szempontjainak taglalása mellett, Bert Bolin az IPCC első elnöke egy további okot is felhozott e sajátos működési rendre: egyes országok kételkedve

⁶⁹⁸ Conference Statement: „The development of policy regarding climate change requires on the part of policy makers an understanding of the underlying science and a weighing of the scientific uncertainties associated with the prediction of climate change and its likely impacts. An important aspect of future work is therefore a continued dialogue between scientists and policy makers.” (503. o.) Ministerial Declaration: „We call for negotiations on a framework convention on climate change to begin without delay” (539. o.)

⁶⁹⁹ Czelnai R. WMO-főtitkárh. felkérésére e könyv szerzője írt recenziót e kiadványról (WMO Bulletin, 41:4, 486-487).

⁷⁰⁰ „The Panel agreed that its work included three main tasks: (i) Assessment of available scientific information on climate change; (ii) Assessment of environmental and socio-economic impacts of climate change; (iii) Formulation of response strategies.” (4. o.)

⁷⁰¹ Principles Governing IPCC Work: „IPCC reports should be neutral with respect to policy, although they may need to deal objectively with scientific, technical and socio-economic factors relevant to the application of particular policies.” (21. o.)

⁷⁰² „The climate change issue would ultimately not concern just the scientific community, but there would be a need to reach out to the public, stake-holders, decision-makers and politicians. A clear distinction had to be maintained between a basic scientific assessment of the state of knowledge on one hand, and political negotiations to reach agreements on policies and measures, on the other.” (62. o.)

⁷⁰³ „Through the scientific reports it has issued over the past two decades, the IPCC has created an ever-broader informed consensus about the connection between human activities and global warming. Thousands of scientists and officials from over one hundred countries have collaborated to achieve greater certainty as to the scale of the warming. [...] By awarding the Nobel Peace Prize for 2007 to the IPCC and Al Gore, the Norwegian Nobel Committee is seeking to contribute to a sharper focus on the processes and decisions that appear to be necessary to protect the world’s future climate” (A norvég Nobel-bizottság nyilatkozata, 2007. okt. 12.)

fogadják e témakörben közreadott értékeléseket, ha saját képviselőik nem vettek részt azok kidolgozásában [Schneider, 1991⁷⁰⁴].

- A klímatudomány és a klímapolitika kapcsolatára kialakított „IPCC-minta” hatással volt arra, amilyen működési móddal és feladatkörrel létrehozták 1992-ben az éghajlati egyezmény tudományos tanácsadó testületét (SBSTA), a biológiai sokféleség ügyében a hasonló mandátumú testületet (SBSTTA), 2012-ben a kormányközi platformot (IPBES) és tervezik jelenleg a vegyi anyagok témakörében egy ilyen testület megszervezését (SPP⁷⁰⁵).

A hazai szakemberek tevékenységére jelentős befolyással volt az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület működése és nemzetközi klímapolitikai hatása.

- A nemzetközi folyamathoz kapcsolódóan tanulmánykötetek készültek [KTM-OMSZ, 1990, 1991; MTA, 2010a], az IPCC-jelentések összefoglalói magyar nyelven is megjelentek [FFB, 1996; Védegylet, 2004; KvVM-OMSZ, 2007]. Egy akadémiai program résztvevői a helyzetértékelésen túlmenően javaslatokat tettek a további hazai teendőkre [MTA, 2006, 2010b]: e program elnevezése „Klimaváltozás: Hatások és Válaszok” volt, de csak „Vahava projektnek” titulálták.
- Az MTA égisze alatt két állásfoglalás készült. Álljon itt egy-egy kiemelés ezekből. „Az éghajlat az emberi tevékenység következtében nagy valószínűséggel az emberiség történetében példa nélkül álló változásnak néz elébe. [...] már a ma élő generációnak lépéseket kell tennie az éghajlatváltozás kockázatának és e változás következményeinek elkerülése, vagy legalább azok mérséklése érdekében” [MTA, 1991⁷⁰⁶]. „Az üvegházhatású gázok kibocsátásának emelkedési üteme maga után vonhatja az utóbbi évtizedekben megfigyelhető hőmérsékletnövekedésnél gyorsabb és nagyobb mértékű melegedést. [...] Széleskörű tudományos egyetértés alakult ki, hogy a kibocsátások nagyfokú mérséklésével, valamint a hatásokra való felkészüléssel a katasztrofális következmények még megelőzhetők” [MTA, 2009⁷⁰⁷].
- Közvetlen kapcsolat is megvalósult az IPCC-vel: hazai kutatók részt vettek a tevékenységében⁷⁰⁸, a testület Budapesten tartotta 2008. évi ülését, és ekkor alakult meg a Nemzeti IPCC Bizottság⁷⁰⁹. Ugyanakkor nemcsak az IPCC tevékenységével kapcsolatban merültek fel bizonyos kritikai észrevételek, hanem egyes hazai kutatók is kétségbe vonták

⁷⁰⁴ „many countries, especially developing countries, simply don't trust assessments in which their scientists and policymakers have not participated” (25. o.)

⁷⁰⁵ Science-Policy Panel (SPP)

⁷⁰⁶ Az 1991. évi állásfoglalást az MTA-MTB Éghajlati Albizottsága készítette elő (Götz G. elnök, Faragó T. titkár, Ambrózy P., Antal E., Koppány Gy., Mika J., Pálvölgyi T., Práger T., Szalai S., Tar K.), azt a Tudományos Bizottság jóváhagyta, majd az MTA X. osztálya közzétette.

⁷⁰⁷ A 2009. évi állásfoglalás előkészítése az MTA KtEB Klímaváltozási Albizottságának és IPCC munkacsoportjának volt a feladata (Láng I. alb. elnök, Faragó T. mcs. elnök, Ádám J., Bartholy J., Bozó L., Bukovics I., Csete L., Farkas J., Harnos Zs., Horváth L., Horváth Sz., Iványi Zs., Jászay T., Jolánkai M., Major Gy., Mátyás Cs., Mika J., Nováky B., Páldy A., Pálvölgyi T., Somogyi Z., Szilávi J., Takács-S. A., Tóth L. F., Török K., Ürge-V. D., Várallyai Gy.). A tervezetet a Bizottság megvitatta és elfogadta, majd az állásfoglalás közzétételével egyetértett az MTA elnöksége.

⁷⁰⁸ Az IPCC tevékenységébe az 1993-2010 közötti időszakban több hazai szakember is közvetlenül bekapcsolódhatott (társ szerzőként, szakmai anyaggal vagy lektorként, tisztségviselőként, konferencia-részvevőként): Bartholy Judit, Faragó Tibor, Jászay Tamás, Mika János, Pálvölgyi Tamás, Somogyi Zoltán, Tóth L. Ferenc, Ürge-V. Diana. Természetesen 2010 után is ez többeknek megadatott.

⁷⁰⁹ E kötet szerzője 1993 és 2010 között volt az IPCC-vel való hazai együttműködés koordinátora, 2008-ban pedig a „Nemzeti IPCC Bizottság” (NIC) létrehozásának kezdeményezője.

magának az antropogén éghajlatváltozás elméletének, illetve jelentőségének a megalapozottságát.⁷¹⁰

- A fentiekben hivatkozott hazai tevékenységre – a nemzetközihez hasonlóan – általában is érvényes volt, ahogyan Láng István az említett akadémiai program lényegét jellemezte: „A Vahava projekt fő módszertani jellege volt a nagyrendszer-szintézis. [...] E módszertannak megfelelően interdiszciplináris és minden érintett ágazatra kiterjedő megközelítésre volt szükség és széleskörű együttműködésre.” [Láng, 2010]

* * *

Az éghajlatváltozást kutatók együttműködésének és a döntéshozókkal való kapcsolatuknak is intézményes keretet biztosító világprogramok és nemzetközi szervezetek létrejötte nagyban hozzájárult e globális szintű probléma feltárásához és a megfigyelési, kutatási eredmények közreadásához. E folyamatban kiemelkedő jelentőségű lett az éghajlatváltozással foglalkozó, a tudomány és a politika szereplőit közvetlenül „összekötő”, de hivatalosan kormányközi szervezatként megalakult és működő testületnek. Ennek eljárásrendje, lényegre törő jelentéseinek tartalma és – a tudomány és a kormányok képviselőinek egyeztetésén alapuló – elfogadási módja egyúttal arra is garancia volt, hogy az azokban foglaltakat figyelembe veszik a nemzetközi klímapolitikai tárgyalások, döntések során, valamint a nemzeti szintű programokban, intézkedési tervekben.

4.3. NEMZETKÖZI KLÍMAPOLITIKA: ELVEK, CÉLKITŰZÉSEK, VÁLLALÁSOK

A nemzetközi klímapolitikának már több évtizedes múltja van. Az antropogén éghajlatváltozás kockázatának politikai elismerését és a klímapolitika fejlődését e globális folyamatról szóló tudományos ismeretek bővülése alapozta meg. Többek között az ok-okozati összefüggések és a változások becslésének bizonytalanságai, nem kellő egyértelmősége miatt az 1980-as évek végéig azonban csak nagyon „óvatos” politikai válaszok körvonalazódtak. Az ezt követően elfogadott nemzetközi megállapodások már viszonylag egyértelmű globális éghajlatvédelmi célkitűzéseket tartalmaztak, de a konkrétabb „határidős” célok, a fokozatosan szigorodó – de csak komoly kompromisszumok árán jóváhagyott – kötelezettségek, intézkedések és a végrehajtást segítő eszközök összességükben eleve nem látszottak elégségesnek ahhoz, hogy általuk elérhetőek legyenek a távlati célkitűzések.

4.3.1. Az alapok tisztázása: ki a felelős? mennyire biztos? mit lehet tenni?

Az emberi tevékenységek globális éghajlatváltozást előidéző lehetőségének elismerését követően, már e folyamat megfékezését célzó klímapolitikai együttműködés kezdetét a fentebb említett 1988., 1989. és 1990. évi ENSZ-határozatok jelentették. Ezek rögzítették a közös fellépés főbb indokait és egyúttal előrevetítették a leendő ütközőpontjait, amelyek – ha más

⁷¹⁰ Ebben az időszakban tette közzé Miskolczi Ferenc részletes levezetéssel is alátámasztott elméletét és kétségbe vonta, hogy a globális melegedés oka az üvegházhatású gázok légköri koncentrációjának növekedése lenne [Miskolczi, 2007: 35-36. o.]: „Runaway greenhouse theories contradict to the energy balance equations and therefore, can not work. [...] Considering the magnitude of the observed global average surface temperature rise and the consequences of the new greenhouse equations, the increased atmospheric greenhouse gas concentrations must not be the reason of global warming.” Az antropogén éghajlatváltozási elméletnek, ill. jelentőségének ugyancsak határozott kritikusa Szarka László, aki több írásában fejtette ki erre vonatkozó érveit [pl. Szarka, 2010]. E „virtuális” vitában más kutatók is megnyilvánultak, így pl. Haszpra László, aki az IPCC-re is hivatkozva kiállt amellett, hogy elsősorban az antropogén légköri kibocsátásoknak tulajdonítható a jelenlegi éghajlatváltozási folyamat [Haszpra, 2011b].

megfogalmazásban is – egyaránt tükröződtek az 1992. évi keretegyezményben, majd a 2015. évi Párizsi Megállapodásban.

Mindenki felelős és mindenkire hat, de nagyok az eltérések. A tudományos közösség addigi eredményei alapján az 1980-as évek végére elfogadott lett, hogy az antropogén éghajlatváltozás veszélye közös probléma, emiatt együttes és egyeztetett cselekvésre van szükség; azonban azt is számításba kell venni, hogy e helyzet kialakulásáért a társadalmaknak különböző a történelmi felelőssége [UN, 1988; UN, 1989].

- A „közös, de megkülönböztetett felelőségekre” és a változásokra való felkészüléshez szükséges eszközökben, képességekben megmutatkozó különbségekre való hivatkozás lett az 1992. évi egyezmény legfontosabb alapelve⁷¹¹, amelyből kiindulva fogalmazódtak meg a kezdeti teendők. Ennek elfogadásával a fejlett országok hivatalosan elismerték, hogy: „az üvegházhatású gázok történelmi és jelenlegi kibocsátásának legnagyobb része a fejlett országokból eredt”, és ebből fakadóan „a fejlett országot képviselő Feleknek kell vezető szerepet játszaniuk az éghajlatváltozás és annak káros hatásainak leküzdésében.” [UNFCCC, 1992: preambulum, 3.1.]
- Az egyezmény 1997. évi jegyzőkönyvének (Kiotói Jegyzőkönyv) hatálybalépése után, 2005-től ennek az alapelvnek a változatlan értelmű alkalmazása viszont már nyílt ütközőpont és a további együttműködés egyfajta gátja lett elsősorban néhány „nagykibocsátó” fejlett és néhány gyors gazdasági növekedésű fejlődő ország között.

Várni a nagyobb tudományos bizonyosságra vagy cselekedni? Az IPCC 1990. évi első jelentéséből és az arra hivatkozó 1990. évi ENSZ-határozatból kitűnt, hogy elegendő ismeret állt rendelkezésre az antropogén éghajlatváltozás veszélyéről egy általános célkitűzésű klímavédelmi egyezmény kidolgozásához, de számításba kellett venni a még „létező bizonytalanságokat” is [UN, 1990⁷¹²].

- Ez utóbbiakra tekintettel az 1992-es egyezmény az *elővigyázatosság* alapelve épült és eszerint a fejlett országok is csak az üvegházhatású gázok kibocsátásának átmeneti visszafogását vállalták.
- A tudományos ismeretek viszont két és fél évtized múltán már olyan fokra jutottak, hogy a 2015. évi Párizsi Megállapodás expliciten nem említette a fennmaradt bizonytalanságokat, hanem egyértelműen az éghajlatváltozás kockázatát csökkentő és káros hatásaihoz való alkalmazkodást célzó intézkedéseket írt elő [UNFCCC/PA, 2015: 2.1.(a), 4.1., 7.1-2.].

Mérsékelni vagy alkalmazkodni? A keretegyezmény kidolgozásáig szinte kizárólagosan az antropogén éghajlatváltozás megelőzése, de legalábbis a mérséklése volt a középpontban.

- A lehetséges változásokra való felkészülésre nem utaltak az 1988-1990 közötti ENSZ-határozatok, de az egyezmény már kitért erre a feladatkörre. A kibocsátások szabályozásában az arányos felelősség vállalásáról az egyezkedések nehezen alakultak, ugyanakkor a különösen veszélyeztetett és az addigi kibocsátásokért alig felelős fejlődő országok legalább ennyire lényegesnek tartották és elvárták az éghajlatváltozás lehetséges káros hatásaival szembeni sérülékenységük csökkentésének a támogatását.

⁷¹¹ „common but differentiated responsibilities and respective capabilities” [UNFCCC, 1992: 3.1]

⁷¹² „collaborate in a concerted effort with the aim of preparing, as a matter of urgency, a framework convention on climate change [...], taking into account the most up-to-date, sound scientific knowledge and any existing uncertainties”

- Végül mindkét feladatkörrel való törődés szükségessége elfogadott lett⁷¹³, e kettő viszonyát pedig a Párizsi Megállapodás rendezte azzal a megállapítással, hogy az alkalmazkodást szolgáló jelentősebb erőfeszítések akkor kerülhetnek el, ha kellő mértékű „klímavédelmi” beavatkozások valósulnak meg [UNFCCC/PA, 2015⁷¹⁴].

4.3.2. Az együttműködés fejlődése: kétkedéstől a kockázat közös elismeréséig

A nemzetközi környezetpolitika alakulásának utóbbi félvszázadnyi folyamata meglehetősen „hullámzó” jellegű volt. Kiemelkedőnek tekinthetjük e szempontból: az 1970-es évtized első felében megtartott konferenciákat; az 1980-as évek végétől felívelő szakaszt, amely elvezetett egyebek mellett a klímaegyezmény elfogadásához és annak szigorításához; végül az előző évtized elején a fejlett és a fejlődő világ közös elhatározását a határozottabb cselekvésről, amelynek 2015-re egy átfogó fenntartható fejlődési program és egy új klímapolitikai megállapodás is az eredménye lett. Ezeket az éveket legalábbis a „nagypolitika” szintjén egy időre egyfajta apátia követte, különféle okokból mérsékeltebb elszántsággal a korábban közösen elfogadott célok, feladatok teljesítésére.

Több és biztosabb ismeret szükséges. E globális ügyben is először a kiterjedt és alaposabb vizsgálatok elősegítéséről kellett megegyezni, mielőtt mérlegelték volna a „klímavédelmi” intézkedéseket.

- Az 1970-ben és 1971-ben az M.I.T. (USA), illetve a svéd akadémia támogatásával megrendezett konferenciák egyik célja volt annak szorgalmazása és megalapozása, hogy az 1972-re tervezett világtalálkozón döntések szülessenek az éghajlatváltozási kutatások támogatásáról és akár kockázatmérséklő intézkedésekről is. A szakértők egyetértettek az akaratlan klímamódosítás lehetőségében és abban, hogy még nem eléggé tisztázottak ennek tényezői, hatásai [SMIC, 1971].
- Így az 1972. évi ENSZ-tanácskozáson csak a további éghajlati megfigyelések, elemzések, hatásvizsgálatok támogatása volt napirenden [UNCHE, 1972: 57., 70., 79. ajánlások].⁷¹⁵ A megegyezés szintjét árnyalta, hogy az ENSZ-konferenciát – nem annak témakörével közvetlenül összefüggő politikai konfliktus miatt – bojkottálta több kelet-európai ország. Miután e feszültség alábbhagyott, az 1975. évi páneurópai, de méltán világpolitikai jelentőségű konferencián (Helsinki) ezen országok képviselői hozzájárultak a stockholmi ENSZ-találkozóra és az éghajlatváltozás-kutatási együttműködésre is utaló nyilatkozat elfogadásához [CSCE, 1975⁷¹⁶].
- A „klímaproblémát” vizsgáló szakmai közösség haladt a maga útján 1975 után. Már utaltunk a főbb fejleményekre: WMO-állásfoglalás (1976), Gibbs-jelentés (1976), Éghajlati Világkonferencia (1979), ICSU-UNEP-WMO konferenciák (Villach, 1980, 1985). A

⁷¹³ A kibocsátáscsökkentés és az alkalmazkodás viszonya nálunk is vita tárgya volt: „a hazai klímapolitika – elsősorban az alkalmazkodásra való felkészülés – tudományos megalapozása érdekében, a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, valamint a Magyar Tudományos Akadémia 2003 júniusában hároméves kutatási projekt indítását határozta el.” [MTA, 2006: 6. o.] E projekt végül egyenrangúan foglalkozott mindkét feladatkörrel.

⁷¹⁴ „Parties recognize that the current need for adaptation is significant and that greater levels of mitigation can reduce the need for additional adaptation efforts” (7.4.)

⁷¹⁵ „It is recommended that Governments be mindful of activities in which there is an appreciable risk of effects on climate, and to this end: (a) Carefully evaluate the likelihood and magnitude of climatic effects and disseminate their findings to the maximum extent feasible before embarking on such activities” (Recommendation 70)

⁷¹⁶ „Study of changes in climate, landscapes and ecological balances under the impact of both natural factors and human activities [...]. The participating States [...] will develop co-operation in the field of the environment in particular by taking into consideration the Stockholm Declaration on the Human Environment” (29. o.)

klímapolitikai együttműködés azonban megakadt, mert a „nagypolitika” mással volt elfoglalva: az enyhülés évei után az 1975-1985 közötti periódust a történelemtudomány egyes képviselői második vagy kis hidegháborús időszaknak nevezik, ami közben háttérbe szorult a környezeti folyamatokkal való közös politikai törődés is. Ez indokolhatta azt, ahogyan Czelnai Rudolf értékelte az 1979. évi éghajlati világkonferencia politikai jelentőségét (szemben a fentebb idézett tudományosával): „Tudományos szempontból teljes volt a siker. Ugyanezt már nem lehetne elmondani a konferencia sajtóviasszhangjáról és politikai hatásáról.” [Czelnai, 2006] Ugyanezt állapította meg Daniel Bodansky, de még az 1985. évi villach-i konferenciáról is [Bodansky, 2001⁷¹⁷].

A világgpolitikai változások az 1980-as évek közepétől elősegítették, hogy a természeti környezet állapotára is újra kellő figyelem irányuljon, így az ózonréteg akkor feltárt veszélyeztetésére vagy a globális éghajlatváltozás kockázatára. Elsősorban az európai együttműködésre pedig „felrázó” hatással volt az 1986-as csernobili nukleáris katasztrófa és a rajnai vegyianyag-szennyezés.

- Néhány országban már a legmagasabb politikai szinten foglalkoztak a környezeti ügyekkel. Ennek is betudhatóan kérték fel a norvég miniszterelnököt (G.H. Brundtland) 1987-ben az ENSZ-határozattal létrehozott világbizottság elnökének (WCED), majd lettek a kanadai miniszterelnökkel (B.M. Mulroney) együtt az 1988. évi torontói klímakonferencia vezérszónokai.
- 1987 októberében és 1988 júniusában az USA szenátusában az éghajlatváltozásról tartottak meghallgatást, ahol neves tudósok (J.E. Hansen, S. Manabe, V. Ramanathan) foglalhatták össze ismereteiket e témában. E téren a nemzetközi együttműködést akkor határozottan támogatta az USA vezetése, így az IPCC megalakítását, majd az éghajlatvédelmi egyezmény kidolgozását is.
- A német kancellár (H. Kohl) 1987 márciusában a Bundestagban elhangzott beszédében a klímaváltozást a legsúlyosabb környezeti problémának nevezte. Abban az évben kezdte meg működését a német parlament klímabizottsága is⁷¹⁸. 1988 szeptemberében a brit miniszterelnök (M. Thatcher) a „Királyi Társaságban” megtartott előadásában hangsúlyozta, hogy komolyan kell venni az emberi tevékenységek által okozott éghajlatváltozást. A máltai külügyminiszter (V. Tabone, 1989-től Málta elnöke) olyannyira azonosult ezzel, hogy országa képviseletében 1988-ban az éghajlatváltozásról szóló első ENSZ-határozat kezdeményezője és előterjesztője lett.⁷¹⁹

Minták és ajánlások a nemzetközi klímapolitikai cselekvésre. A klímapolitika fejlődésében az áttörést több 1987-es, 1988-as nemzetközi esemény segítette elő, amelyek hatása általában is tanulságos abban a tekintetben, hogy egy sokrétű, globális problémával való azonosulás miként jut el a tudomány berkeiből a nemzetközi politika színterére.

- Két megállapodási precedens említendő: 1987-ben megszületett az ózonréteg védelmére a Montreali Jegyzőkönyv és ugyanabban az évben hatályba lépett az országhatárokon áterjedő levegőszennyező anyagokkal foglalkozó egyezmény (első) kén-jegyzőkönyve. A lényegük ugyanaz volt: különféle emberi tevékenységekből származó, a környezetet veszélyeztető

⁷¹⁷ „As late as 1979, efforts by the organizers of the First World Climate Conference to attract participation by policy makers proved unsuccessful, and even in 1985, when a major workshop on climate change was held in Villach, Austria, the U.S. government officials who participated went without specific instructions.” (24. o.)

⁷¹⁸ Bundestag: Klima-Enquête-Kommission

⁷¹⁹ 1990-ben az éghajlatváltozással foglalkozó szűk körű máltai tanácskozás egyik résztvevője lehetett e kötet szerzője, amelynek megnyitóján Vincent Tabone elnök országának a klímapolitikai együttműködés melletti elkötelezettségéről is beszélt. (Workshop on Assessing Winners and Losers in the Context of Global Warming. Malta, 18-21 June 1990)

légköri kibocsátások csökkentése. Ehhez azért hozzá kell tenni, hogy a környezeti savasodás és az ózonréteg-veszélyeztetés esetében ekkor már jóval nagyobb volt az ok-okozat összefüggésekről a tudományos bizonyosság az antropogén éghajlatváltozáséhoz képest.

- Az éghajlatváltozás témájának szentelt, kutatók és politikusok részvételével megtartott 1988. júniusi torontói tanácskozásra már hivatkoztunk, amelyen a mintegy negyven országból érkezett résztvevők egyetértettek egy egyezmény szükségességében a szén-dioxid kibocsátás csökkentésére. Erre utalt ugyancsak a „Környezet és Fejlődés Világbizottság” által 1987-re összeállított jelentés. Az 1988 novemberétől kezdve tevékenykedő IPCC-nek is az lett az alapvető célja, hogy az éghajlatváltozásról szóló tudományos ismeretek összesítésével elősegítse a politikai döntéseket.
- Mindezek nem voltak elégségesek egy éghajlatvédelmi egyezmény kidolgozásához elengedhetetlen globális politikai egyetértés létrejöttéhez. Bár „kormányköziként” alakult meg az IPCC, de ez önmagában még nem igazolta a széles körű klímavédelmi elkötelezettség meglétét. Annak első elnöke, Bert Bolin így világította meg a helyzetet: e testület megalakulását tevőlegesen kevés ország támogatta, az éghajlatváltozás a globális politikai együttműködés témakörévé pedig csak akkor vált, amikor az ENSZ-közgyűlés elfogadta erről az első határozatát [Bolin, 2007⁷²⁰].

Az antropogén éghajlatváltozási kockázat globális politikai elfogadása. Az 1988 szeptemberében megkezdett ENSZ-ülésszak programjában szerepelt a fenntartható fejlődés és az éghajlatváltozás helyzetének a vitája.

- Málta indítványozta éghajlatvédelmi javaslatának közgyűlési vitáját⁷²¹, majd az azt konkretizáló, 1988 októberében benyújtott határozattervezetének napirendre vételét. Ennek végső változata a vita során tett észrevételek alapján állt össze. A módosítások közül tanulságos kiemelni néhányuk okát: nem volt egyöntetű álláspont a beavatkozások sürgősségét, mértékét illetően; a fejlődő országok képviselői szerint nemcsak a környezeti hatásokat, hanem a lehetséges társadalmi-gazdaságiakat is fel kell mérni; nem volt egyetértés egy külön éghajlatvédelmi egyezmény szükségességéről, mert többek szerint a cél elérhető meglévő jogi eszközök kiegészítésével.⁷²²
- 1988. december 6-án a Közgyűlés elfogadta „A globális éghajlat védelme az emberiség jelen és jövő nemzedékei számára” c. határozatot, amely egyebek mellett arról rendelkezett, hogy meg kell előzni az éghajlatra gyakorolt káros hatásokat, és az IPCC-nek mielőbb javaslatokat kell tennie a lehetséges stratégiákra és a nemzetközi szabályozás tartalmi elemeire [UN, 1988⁷²³].

⁷²⁰ „Merely 28 countries responded to the call for the meeting in Geneva in November 1988 in order to form a panel on climate change [...]. The climate issue was still not high on the political agenda. [...] The fact that the issue of climate change had been brought to the attention of the UN General Assembly implicitly meant recognition of the importance of the climate change issue and also of the IPCC itself.” (63., 67. o.)

⁷²¹ „Conservation of climate as part of the common heritage of mankind”

⁷²² A tervezet (t) és a végső változat (v) szövegrészei kiemelésekkel. A sürgősség és a mérték kapcsán: (t) urgent action must be taken (v) necessary and timely action should be taken; (t) – (v) realistic response strategies. A hatásokra vonatkozóan: (t) potential impact of climate change (v) potential environmental and socio-economic impact of climate change. A nemzetközi jogi eszközről: (t) a future international convention on climate (v) a possible future international convention on climate.

⁷²³ The General Assembly requests the SG of the WMO and the ED of the UNEP, through the IPCC: „immediately to initiate action leading, as soon as possible, to a comprehensive review and recommendations with respect to: [...] (c) Possible response strategies to delay, limit or mitigate the impact of adverse climate change; (d) The identification and possible strengthening of relevant existing international legal instruments having a bearing on climate; (e) Elements for inclusion in a possible future international convention on climate”

- A nemzetközi klímapolitika történetében 1988 volt a „nagy fordulat éve”: a torontói konferencia ajánlásainak figyelembevételével a máltai delegáció által előterjesztett és az ENSZ Közgyűlése által elfogadott határozat már nemzetközi intézkedések meghatározását szorgalmazta, és ezek megalapozása lett az abban az évben létrehozott IPCC feladata.⁷²⁴

4.3.3. A nemzetközi megállapodások: célok, előírások, kompromisszumok

Már egy átfogó éghajlatvédelmi egyezmény lehetséges céljairól, részleteiről szóltak az 1989-ben és 1990-ben – kutatók és politikusok részvételével – megtartott nemzetközi konferenciák: 1989 márciusában Hágában, 1989 novemberében Nordwijckben, 1990 májusában Bergenben, majd 1990 novemberében a genfi 2. Éghajlati Világkonferencia [Jäger & Ferguson, 1991].

Az éghajlati egyezmény: a klímapolitikai együttműködés kerete. Az ENSZ Közgyűlés 1989 végén egy újabb határozatban már az egyezmény kidolgozásának – az első IPCC-jelentés elfogadását követő – megkezdéséről foglalt állást [UN, 1989⁷²⁵].



- E jelentés elkészült 1990 augusztusára és ennek ismeretében hoztak döntést 1990 végén az egyezményt előkészítő Kormányközi Tárgyaló Bizottság (INC) mandátumáról [IPCC, 1990; UN, 1990⁷²⁶]. A tárgyalások 1991. februárban kezdődtek, a szöveget 1992. május 9-én véglegesítették [UNFCCC, 1992; Faragó & Pálvölgyi, 1992]⁷²⁷. Az egyezmény két éven belül hatályba lépett és az összes ENSZ-tagállam a részese lett. Az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezmény végső célkitűzése: az üvegházhatású gázok légköri koncentrációinak stabilizálása az éghajlati rendszerre gyakorolt veszélyes antropogén hatás megakadályozásához szükséges szinten és a káros következmények elkerülését lehetővé tevő időhatáron belül.⁷²⁸
- A legfontosabb rendelkezések közvetlenül kötődtek e célkitűzéshez. Minden részes fél kötelezettsége lett, hogy törődjön az üvegházhatású gázok kibocsátásával és a légkörből való kikerülésének elősegítésével, valamint az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodással. A fejlett országok számára – e globális problémáért viselt nagyobb történelmi felelősségük okán – az ennél sokkal konkrétabb előírások értelmében e gázok kibocsátása nem haladhatja meg az adott évtized végéig az 1990-es szintet, továbbá pénzügyi és technológiai támogatást is kell biztosítaniuk a fejlődő országoknak az egyezmény szerinti feladataik ellátásához. (A

⁷²⁴ Az 1987. évi WCED-jelentés egy éghajlatvédelmi egyezmény kidolgozása mellett javasolta „a fajok védelméről szóló egyezményét” is, amelynek előkészítése az UNEP égisze alatt kezdődött meg 1988 novemberében [Nechay & Faragó, 1992]. 1988-tól a „riói” csúcstalálkozóra való felkészülés és a két globális egyezmény előkészítése nemcsak egymást kiegészítő, hanem egymást erősítő politikai együttműködési folyamatoknak bizonyultak.

⁷²⁵ The General Assembly „recommends that such negotiations begin as soon as possible after the adoption of the interim report of the IPCC”

⁷²⁶ „Decides to establish a single intergovernmental negotiating process under the auspices of the General Assembly [...] for the preparation by an Intergovernmental Negotiating Committee of an effective framework convention on climate change”; „Considers that the negotiations [...] should be completed prior to the United Nations Conference on Environment and Development in June 1992 and opened for signature during the Conference”

⁷²⁷ Magyarország képviseletében vett részt e kötet szerzője az egyezményt előkészítő 1991/1992-es tárgyalásokon (Genf, New York), beleértve a szöveget véglegesítő 1992. májusi ülésszakot, amelyen csak a tervezett zárónapot követő nap éjszakáján sikerült egyezsége jutni egyebek mellett az „átalakuló gazdaságú” („piacgazdaságra áttérő”) közép- és kelet-európai országok sajátos helyzetének figyelembevételével.

⁷²⁸ Célkitűzés (2. cikkely): „[...] Ezt a szintet olyan időhatáron belül kell elérni, ami lehetővé teszi az ökológiai rendszerek természetes alkalmazkodását az éghajlatváltozáshoz, továbbá, ami biztosítja, hogy az élelmiszer-termelést az éghajlatváltozás ne fenyegetse, valamint, ami módot nyújt a fenntartható gazdasági fejlődés folytatására.”

kibocsátás-szabályozási kötelezettséget több „átalakuló gazdaságú”⁷²⁹ közép- és kelet-európai ország – köztük hazánk – is vállalta esetenként az 1990-estől eltérő referencia-szinttel. A továbbiakban a fejlett országok csoportjához hozzáértjük térségünk ilyen kötelezettségeket vállaló országait is.)

Kompromisszumok: *közös felelősség, de eltérő helyzetű és érdekű országcsoportok.* Az antropogén éghajlatváltozás mindenkit érintő veszélyének elismerése volt a globális klímaegyezmény létrejöttének alapvető feltétele, de a megegyezéshez néhány kritikus kérdésben sajátos kompromisszumokat kötöttek a tárgyaló felek.

- Annak ellenére, hogy elfogadták a globális éghajlatra gyakorolt „veszélyes antropogén hatás” elkerülésének célkitűzését, nem sikerült egyetértésre jutni az üvegházhatású gázok *globális kibocsátását* illetően semmilyen konkrétabb közös célról. Ennek fő okai: a fennmaradt tudományos bizonytalanságok és a fosszilis tüzelőanyagok nagymérvű felhasználásához is kötődő társadalmi-gazdasági fejlődési folyamat „tehetetlensége”.
- Már utaltunk arra, hogy a fejlett országok készek voltak elismerni nagyobb felelősségüket és azt, hogy előbb nekik kell lépéseket tenniük e globálissá vált probléma megoldására. Az egyezmény célkitűzése azonban nyilvánvalóan elérhetetlen lett volna a közös általános, de konkrétumok nélküli és csak a fejlett országokra érvényes konkrét, de átmeneti és csak a „szinten tartásra” irányuló kibocsátás-szabályozási vállalásokkal, ezért azt is elfogadták, hogy e rendelkezések megfelelőségét, elégségességét mielőbb felül fogják vizsgálni.⁷³⁰
- Az egyezményben több országcsoport sajátos helyzetére tekintettel voltak: az „átalakuló gazdaságú” országokon kívül a fosszilis tüzelőanyagoktól erősen függő gazdaságú fejlett és fejlődő országokéra, az éghajlatváltozás hatásai miatt különösen sérülékeny fejlődőkére [UNFCCC, 1992: 4.6., 4.8.].

Az okok, a hatások, a beavatkozási lehetőségek bővülő ismerete, az érdekviszonyok változása.

Az egyezmény megszületése óta eltelt három évtizedben több és pontosabb ismeret lett nemcsak a jelenleg kibontakozó éghajlatváltozás okairól, következményeiről, hanem e folyamat mérséklési és a már elkerülhetetlennek látszó hatásaihoz való alkalmazkodás lehetőségeiről is.

- Az éghajlatváltozással foglalkozó testület újabb jelentései megalapozottabb és részletesebb ajánlásokat tartalmaztak az üvegházhatású gázok kibocsátásának szabályozására [Farágó, 2016a: 2. táblázat]. Eszerint a globális kibocsátásoknak mérséklődniük kellene néhány évtizeden belül [IPCC, 1995; 2001], majd legalább a felére csökkenniük 2050-ig [IPCC, 2007], s ennek eléréséhez már egyik régióban sem szabadna növekedniük 2020-tól [IPCC, 2014]. A 2021. évi jelentésben közreadott globális kibocsátás-csökkentési célszámok szerint még gyorsabb és nagyobb fokú beavatkozásokra lenne szükség [IPCC/WG-I, 2021].
- A klímatudomány és a klímapolitika képviselői közötti párbeszéd folyamatossá vált: nemzetközi kereteit elsősorban az IPCC, illetve e szervezet és az egyezmény testületei közötti együttműködés biztosította. Ez lett az egyik feladata az egyezmény által létrehozott tudományos tanácsadó testületet (SBSTA) és az IPCC-t képviselők közös bizottságának⁷³¹.

⁷²⁹ „countries undergoing the process of transition to a market economy”

⁷³⁰ „The Conference of the Parties shall, at its first session, review the adequacy” (UNFCCC, 4.2.d). Erre nem került sor, mert a felek nem tudtak megegyezni e rendelkezés értelmezésében, azaz, hogy ennek csak a fejlettek vagy minden ország vállalásaira ki kell-e terjednie.

⁷³¹ SBSTA-IPCC Joint Working Group (JWG): e kötet szerzőjét választották meg a SBSTA első elnökének; ebből adódóan lettek az IPCC elnökével (Bert Bolin) együtt a JWG társelnökei (1995-1997).

- Eközben a klímapolitikát is érintő módon az országok helyzete és érdekei változtak. Néhány példát említünk. Az USA különböző politikai prioritásokat képviselő, egymást követő vezetői felettébb eltérően ítélték meg e problémát és a nemzetközi klímapolitika fontosságát, és ettől függően a kiotói vagy a párizsi megállapodásban való részvétel kérdését. Az EU a kezdetektől fogva élenjáró volt e megállapodások és a saját vállalásai tekintetében is [Faragó, 2018a], de ennek érdekében az EU-tagállamok között kellett meglehetősen aszimmetrikus egyezségekre jutni (eleinte a 15 tagállam, majd a bővítés után még több tagállam között). A globális klímapolitikát illető álláspontokra és érvelésekre komoly hatással volt, hogy 2010 körül a fejlődő országok összesített szén-dioxid kibocsátása elérte a fejlett országokét (a kínai kibocsátások pedig utolérték, majd meghaladták az USA kibocsátásait).

Újabb megállapodások, de a fejlett-fejlődő dilemma feloldása nélkül. Mint más nemzetközi jogi eszközök esetében, az újabb adatok, tudományos ismeretek, technikai lehetőségek fényében sor került az éghajlatvédelmi keretegyezményben foglalt előírások szigorítására, kiegészítésére.

- Az egyezmény hatálybalépését követően a részes felek első találkozásán, 1995-ben jóváhagyott „berlini mandátum” szerint megkezdett egyeztetések nyomán 1997 végére elkészült a Kiotói Jegyzőkönyv. A fejlett országok átlagosan 5%-os 2012-ig teljesítendő kibocsátás-csökkentést vállaltak [UNFCCC/KP, 1997; Faragó et al., 1998; Faragó, 2011]. Hosszas vajúdas után csak 2005. február 16-án lett hatályos e jegyzőkönyv. Az USA ugyanis nem ratifikálta azt, az orosz fél pedig csak 2004 végén tette ezt meg, márpedig ha mindketten elvetették volna a csatlakozást, akkor lehetetlenné vált volna e jogi eszköz hatályosulása [UNFCCC/KP, 1997: Art. 25.1.⁷³²].
- Látva a globális kibocsátások továbbra is alig lassuló ütemét, egy évtizeddel később a „bali mandátum” értelmében megkezdett tárgyalási forduló végén 2012-ben megszületett a jegyzőkönyv Dohai Módosítása a fejlettek 2020-ig teljesítendő kötelezettségeivel [UNFCCC/DA, 2012]. E jogi eszköz is a közös, de megkülönböztetett felelősségi megközelítésre épült, azaz szigorította a fejlett országok kötelezettségeit és elismerte a fejlődők eltérő helyzetét, habár ez utóbbiak egyes csoportjai között számottevően megnöttek a fejlettségi és környezetterhelési különbségek. Felmerült, hogy a gyors gazdasági növekedésű fejlődőknek is vállalniuk kellene a kibocsátásaik emelkedését korlátozó célt. Miután erre nem került sor, a 2012-es megállapodásban nem volt hajlandó részt vállalni több „nagykibocsátó” fejlett ország⁷³³, és ez is volt az egyik oka annak, hogy végül éppen 2020. december 31-én lett hatályos e jogi eszköz, azaz annak az évnek az utolsó napján, amilyen határidővel pl. az EU-tagállamok újabb kibocsátás-csökkentési kötelezettséget vállaltak (az EU-tagállamok közösen 20%-osat az 1990-es szinthez képest).
- A fejlett-fejlődő konfliktus feloldása úgy lett volna lehetséges, ha az összes fél változó arányú felelőssége figyelembevételével vállalást tesz. Ez valamelyest megvalósult a 2015. évi Párizsi Megállapodással, de megmaradt az általános jellegű különbségtétel a fejlettekre és a fejlődőkre



⁷³² „This Protocol shall enter into force on the ninetieth day after the date on which not less than 55 Parties to the Convention, incorporating Parties included in Annex I which accounted in total for at least 55 per cent of the total carbon dioxide emissions for 1990 of the Parties included in Annex I, have deposited their instruments of ratification”. Az utóbbi feltétel garantálta volna az említett két ország majdani részvételét az „emisszió-kereskedelemben” (Art. 17).

⁷³³ Japán; Kanada (már „kilépett” a Kiotói Jegyzőkönyvből is); Oroszország; Új-Zéland (jóváhagyta a Dohai Módosítást, de abban nem tett vállalást); USA (már a Kiotói Jegyzőkönyvet sem ratifikálta)

érvényes előírások között⁷³⁴, továbbá azon az áron, hogy e megállapodás egyik országcsoportra sem szabott meg konkrét, számszerűsített célt. Ehelyett csupán az egyezményben meghatározott közös „végső” célkitűzést pontosították a globális felszíni átlaghőmérséklet-emelkedés 1,5°C-os, illetve jóval 2°C alatti korlátaival az iparosodás előtti szinthez képest [UNFCCC/PA, 2015; Faragó, 2016b]. Az ezt követő újabb és újabb klímátárgyalási fordulók 2016-2022 között az említett megállapodásban foglaltak végrehajtásának elősegítése volt az elsődleges cél, de e vonatkozásban jelentősebb eredmény csak a 2021. évi találkozón született elsősorban annak elfogadásával, hogy fokozatosan csökkenteni kell a kőszén energetikai hasznosítását és ezáltal az ebből eredő légköri kibocsátásokat [Faragó, 2022b].

Multilaterális környezeti diplomácia. A sokrétű helyzet- és érdekkülönbségekkel terhelt nemzetközi tárgyalási folyamatokban a megegyezés a tárgyaló felek és a tárgyalást vezetőik képességén is múlik, hogy az összes fél számára elfogadható kompromisszumokat találjanak, vagy legalábbis olyan megoldásokat, megfogalmazásokat, amelyeket mindenki a saját érdekei szerint értelmezhet. E kompromisszumok jelezhetik, de sokszor – éppen a kétértelműségük miatt – mégsem igazolják a multilaterális diplomácia eredményességét valamely közösen elismert probléma megoldására. A klímapolitikai tárgyalásokat számos ilyen „áthidaló” kompromisszum jellemezte.⁷³⁵ Illusztrációképpen, a megállapodások véglegesítését lehetővé tevő néhány „nevezetes” példa.

- Az egyezményben a fejlettek kibocsátásszabályozási vállalásaira utaló rendelkezések valójában nem írtak elő egyértelmű, jogi értelemben vett kötelezettségeket [UNFCCC, 1992: 4.2.(a)⁷³⁶].
- Ahhoz, hogy a mély recesszióba került „átalakuló gazdaságú” országok csatlakozhassanak a kibocsátásaik átmeneti visszafogására kész fejlett országok csoportjához, lehetőséget kaptak – amiként már arra utaltunk – az 1990-es évihez képest egy korábbi, még „mérvadó” referenciaév vagy -időszak kibocsátási szintjének alkalmazására, amihez képest teljesítendő a kibocsátásaikat korlátozó vállalásuk [UNFCCC, 1992: 4.5.; Faragó, 2012].
- A Párizsi Megállapodás elfogadása előtti szinte utolsó pillanatokban egyetlen szó cseréje tette lehetővé, hogy az USA is hozzájáruljon a konszenzushoz [UNFCCC/PA, 2015: 4.4.]⁷³⁷. Emellett ez a megállapodás okkal nem „jegyzőkönyv” a csak a fejlett országokra kibocsátásszabályozási feladatokat előíró Kiotói Jegyzőkönyvtől eltérően: ezáltal a Párizsi Megállapodás „csupán” az eredeti egyezmény egy végrehajtási eszközének volt tekinthető, márpedig annak részese volt az USA.⁷³⁸

⁷³⁴ „Developed country Parties should continue taking the lead by undertaking economy-wide absolute emission reduction targets. Developing country Parties should continue enhancing their mitigation efforts, and are encouraged to move over time towards economy-wide emission reduction or limitation targets” (4.4.)

⁷³⁵ E kötet szerzője 1991 és 2010 között Magyarország klímapolitikai főtárgyalója volt, és közreműködhetett több ilyen jellegű kompromisszum elérésében; továbbá megfigyelői minőségben ott lehetett a 2013-as varsói és 2015-ös párizsi ülésszakon is.

⁷³⁶ „policies and measures will demonstrate that developed countries are taking the lead in modifying longer-term trends in anthropogenic emissions [...], recognizing that the return by the end of the present decade to earlier levels of anthropogenic emissions [...] would contribute to such modification”

⁷³⁷ A tervezetben: „Developed country Parties *shall* continue taking the lead by undertaking economy-wide absolute emission reduction targets”; a végső változatban egy szó módosításával: „Developed country Parties *should* continue taking the lead” (utólagos kiemeléssel).

⁷³⁸ Így az akkori USA-elnök (B. Obama) által aláírt okirat letétbe helyezése elégséges volt ahhoz, hogy az USA e megállapodás részesévé váljon 2016. szeptember 3-án; egy újabb jegyzőkönyv „megerősítéséhez” viszont kongresszusi és szenátusi felhatalmazásra lett volt szükség. Mint ismeretes: a következő elnök (D. Trump) döntése alapján az USA kilépett e megállapodásból, majd az őt követő elnök (J. Biden) kezdeményezésére újra visszatért a részesek közé.

* * *

A klímapolitikai megállapodások létrejötte általános politikai és diplomáciai szempontból is jelentős eredmény volt, elsősorban azért, mert egy olyan globális probléma kapcsán sikerült megegyezésre jutni, amely úgy az azt előidéző tevékenységek, mint a becsült hatások miatt közvetlenül – bár az egyes országok vonatkozásában nagyon eltérően – érintett szinte minden gazdasági kulcságazatot. A tényleges tartalmuk, az abban foglalt kötelezettségek alapján azonban csak komoly fenntartásokkal értékelhetők e megállapodások, illetve azok hatékonysága, amire az alábbiakban térünk ki.

4.4. A MEGÁLLAPODÁSOK ÉS VÉGREHAJTÁSUK KORLÁTOZOTT ELÉGSÉGE

Jelenleg már négy nemzetközi éghajlatvédelmi jogi eszköz létezik: az 1992. évi keretegyezmény és az annak hatálya alá tartozó kiotói (1997), dohai (2012) és párizsi (2015) megállapodások.⁷³⁹ Ezek is jelzik, hogy az antropogén éghajlatváltozás veszélye a globális politikai együttműködés egyik alaptémája lett. Önmagában e jogi eszközök megléte nem jelenti azt, hogy e környezetterhelési folyamat esetében a növekvő tudományos bizonyossági szinttel összhangban lenne az, amit eddig a nemzetközi közösség tett e probléma megoldására, ezalatt az elfogadott konkrétabb célok és vállalások összességét, illetve azok tevőleges végrehajtását értve.

4.4.1. A tartalmi megfelelés és a tevőleges végrehajtás?

A keretegyezmény kezdeményezése, kidolgozása, véglegesítése idejére (1988-1992) az antropogén éghajlatváltozás lehetőségének vizsgálata már meglehetősen előrehaladott állapotban volt. Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület első jelentése szerint számottevő hatásokkal járhat e folyamat, de még nem lehet(ett) kellően egyértelműen kimutatni a felszíni átlaghőmérséklet emelkedését sem és becsülni a további változásokat [IPCC, 1990⁷⁴⁰].

Az egyezmény és „óvatos” kiegészítései, szigorításai. Az egyezményben – a még meglevő ismerethiányokra hivatkozva és így az elővigyázatosság jegyében – csak a kezdeti intézkedésekről határoztak és arról, hogy a folytatódó kutatások eredményeitől függően mérlegelendők a további lépések [UNFCCC, 1992⁷⁴¹]. Hamar kiderült azok szükségessége.

- A globális szintű kibocsátások ütemesen növekedtek és a rákövetkező IPCC-jelentések még pontosabban mutatták be az éghajlati tendenciákat, a továbbfejlesztett numerikus modellekkel készített jövőképeket és az ajánlott teendőket. Ezek figyelembevételével az 1997-es és a 2012-es megállapodásokban a fejlett országok egy része már emelkedő – de az említett ajánlásokétól elmaradó – mértékű kibocsátás-csökkentést vállalt közel egy-egy évtizedes időtávra. A fejlődők klímapolitikáját közvetlenül egy sajátos eszköz⁷⁴² bevezetése

⁷³⁹ ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezmény (1992), Kiotói Jegyzőkönyv (1997), e jegyzőkönyv Dohai Módosítása (2012) és a Párizsi Megállapodás (2015)

⁷⁴⁰ „There is concern that human activities may be inadvertently changing the climate of the globe [...]. Global mean surface air temperature has increased by 0.3°C to 0.6°C over the last 100 years [...]. The size of this warming is broadly consistent with predictions of climate models, but it is also of the same magnitude as natural climate variability” (IPCC, 1992; WGI-SPM).

⁷⁴¹ „The Parties should take precautionary measures to anticipate, prevent or minimize the causes of climate change and mitigate its adverse effects” (3.3). Promote research: „intended to further the understanding and to reduce or eliminate the remaining uncertainties regarding the causes, effects, magnitude and timing of climate change and the economic and social consequences of various response strategies” (4.1.g).

⁷⁴² Ez a Kiotói Jegyzőkönyvvel létrehozott „Tiszta fejlesztési mechanizmus” (Clean Development Mechanism).

érintette, amely lehetővé tette, hogy náluk kibocsátásokat mérséklő beruházásokat finanszírozzanak a fejlett országok.

- A 2014-ben véglegesített ötödik IPCC-jelentés hozzájárult ahhoz, hogy tartalmában, előírásaiban végre valóban globális és átfogó egyezség szülessen 2015-ben. A 2020-tól végrehajtandó Párizsi Megállapodás részletes eljárásokat vezetett be minden fél számára, de egyúttal mindegyikük önkéntes elhatározására bízta, hogy milyen módon járuljanak hozzá a közös célok eléréséhez.

A konkrétabb klímapolitikai kötelezettségeket előíró rendelkezésekről nehezen lehetett megegyezni, például az 1995 utáni ózonvédelmi előírásokéhoz képest.

- Az 1992-es klímaegyezmény a tartalma, rendelkezései alapján valóban általános keretet biztosított a további egyeztetésekhez, de kétséges, hogy az abban, majd azt követő három megállapodásban bevezetett sokrétű eljárásrend és eszköztár alkalmazásával közelebb került vagy kerülhet a nemzetközi közösség az egyezmény „végső” célkitűzésének eléréséhez [UNFCCC, 1992: Art.2].
- Ezt a kételyt tovább tetézte egyebek mellett, hogy az egyezmény végrehajtására, annak Kiotói Jegyzőkönyvében és ez utóbbi Dohai Módosításában foglalt konkrétabb célok teljesítésére csak az országok egy része készített és valósított meg – a vállalásaival összhangban álló – programokat, intézkedési terveket, nemzeti jogszabályokat.
- Ugyanakkor, amint arra utaltunk, az egyezmény szerinti kötelezettségek megfelelőségének előírt felülvizsgálata elmaradt az ennek értelmezéséről kialakult vita miatt, a jegyzőkönyvet „szigorító” módosításban pedig már több fejlett ország nem volt hajlandó részt venni. A Párizsi Megállapodás addigi teljesítésének és „elégességének” első értékelése pedig 2023-ban lesz esedékes.

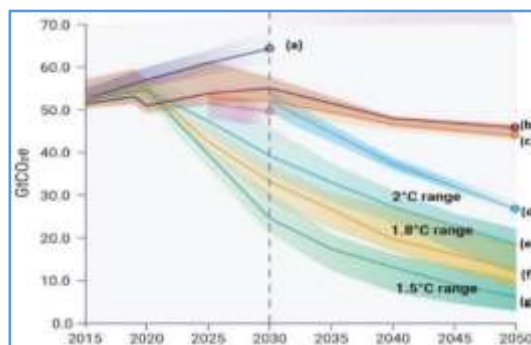
4.4.2. A klímatudomány és a klímapolitika összhangja?

A tudomány és a politika kapcsolata: az ajánlások és a vállalások. Az antropogén éghajlatváltozás tudományos vizsgálatának eredményei alapozták meg a klímapolitikai válaszokat, kötelezettségvállalásokat, amelyek meghatározására a bizonyosság/bizonytalanság adott szintjén kívül számos társadalmi-gazdasági, továbbá politikai és technológiai természetű tényező is hatott.

- Ebben a témakörben a tudományos együttműködés első szakaszát olyan események fémjelezték, mint az 1971. évi stockholmi klímakonferencia, a Globális Légkörkutató Program (GARP) részeként 1974-ben kezdeményezett éghajlatkutató alprogram, az Éghajlati Világprogramot útjára indító genfi találkozó 1979-ben és az 1980-as évtized második felében megtartott tanácskozások.
- Az 1972. évi környezetvédelmi ENSZ-konferencián a klímapolitikai ajánlások még csak a megfigyelési és a kutatási tevékenységek elősegítésére irányultak, az 1980-as években, majd az IPCC első jelentésében (1990) viszont már felvetődött a kibocsátások szabályozásának szükségessége.
- A tudományos közösség mindenekelőtt a fejlett országokból eredő kibocsátások növekedésének mielőbbi megállítását javasolta és az 1992. évi keretegyezményben e cél szerepelt, de egyelőre csak annak az évtizednek a végéig. Ezt követően már a kibocsátások jelentősebb csökkentését sürgető ajánlásokra „válaszul” az 1997. évi jegyzőkönyvben és annak 2012. évi módosításában legalább már a fejlettek ebbéli – még ha előbb csak viszonylag szerény mértékű, majd már valamivel ambiciózusabb – kötelezettségvállalását írták elő egy-egy újabb évtizednyi időszakra.

A tudomány és a politika növekvő „eltérése”? A leglényegesebb kérdés az, hogy az erősödő tudományos bizonyosságra tekintettel mennyire lettek hatékonyak vagy legalábbis javuló hatásfokúak az eddigi nemzetközi lépések a globális éghajlatváltozás kockázatának kezelésére.

- A tudományos közösség az ezredfordulót követően a fejlettek részéről és már *globális szinten is* az addigiakat jóval meghaladó kibocsátás-csökkentést proponálta. A 2014-ben véglegesített újabb értékelő jelentés szerint 40-70%-os globális csökkentést kellene elérni az évszázad közepéig. Ehhez képest sokkal „óvatosabbak” lettek a vállalások: a Párizsi Megállapodás értelmében a globális kibocsátások tetőzését *lehetőleg mielőbb* el kell érni [UNFCCC/PA, 2015⁷⁴³]; valójában a kibocsátások – a 2020. évi átmeneti visszaesés után – *újra emelkednek*: ez már egyértelműen kitűnt a 2021. évi szén-dioxid emissziós adatokból [IEA, 2022⁷⁴⁴].
- Tendenciájában tehát az éghajlatvédelmet célzó beavatkozásokat megalapozó tudományos javaslatok és a nemzetközi szintű klímapolitikai válaszok célszámai között – különböző okok miatt – jelentékeny az eltérés, e globális folyamat és hatásainak kockázata tovább nőtt, ahelyett hogy azt sikerült volna eddig érdemben csökkenteni (5. ábra) [UNEP/EGR, 2015, 2021; Faragó, 2016a; Faragó, 2018b].
- Márpedig a hathatósabb beavatkozásokra annál is inkább szükség lenne, mert e globális környezetterheléssel való felhagyást, az antropogén kibocsátások akár azonnali teljes mértékű megszüntetését követően is még nagyon sokáig tarthatnak az éghajlati rendszerben megindult és súlyos következményekkel járó változások [Haszpra, 2016⁷⁴⁵; IPCC/WG-I, 2021⁷⁴⁶].



5. ábra A globális kibocsátások alakulása különböző feltételek esetén (GtCO₂e) és az évszázad végére becsült „globális melegedés” [UNEP/EGR, 2021]: (a) a 2010-ig tartó tendencia folytatása; (b, c) az azóta elfogadott és a Párizsi Megállapodás alapján feltételek nélkül vállalt, ill. ígért intézkedésekkel (+2,8°C, +2,7°C); (d) betartva a feltételes ígéreteket is (+2,2°C); (e, f, g) csak további vállalásokkal elérhető határértékek (+2,0°C, +1,8°C, +1,5°C)

⁷⁴³ „Parties aim to reach global peaking of greenhouse gas emissions as soon as possible” (Art. 4.1)

⁷⁴⁴ „Global CO₂ emissions from energy combustion and industrial processes rebounded in 2021 to reach their highest ever annual level. A 6% increase from 2020 pushed emissions to 36.3 gigatonnes (Gt)” (3. o)

⁷⁴⁵ „Tisztában kell azonban lennünk azzal, hogy ha teljesen megszűnne az emberi kibocsátás, akkor a jelenlegi antropogén CO₂-kibocsátás mintegy negyedét elnyelő bioszféra néhány évtized alatt egyensúlyba kerülne a légkörrel, így a továbbiakban már nem működne nettó nyelőként, míg az óceánoknak fokozatosan gyengülő kapacitással néhány ezer évre lenne ehhez szükségük. A légkörbe juttatott többlet CO₂ kb. tizede azonban még tízezer év múlva is a légkörben lenne, kifejtve melegítő hatását.” (1453. o.)

⁷⁴⁶ „A set of well-mixed greenhouse gases with long atmospheric lifetimes. This set of compounds includes carbon dioxide (CO₂) and nitrous oxide (N₂O), together with some fluorinated gases. [...] These compounds accumulate in the atmosphere at decadal to centennial timescales, and their effect on climate hence persists for decades to centuries after their emission. On timescales of decades to a century already emitted emissions of long-lived climate forcings can only be abated by greenhouse gas removal (GGR).” (AVII-37. o.)

4.5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS TANULSÁGOK

Az éghajlati rendszer állapotváltozása: az emberi tevékenységek következményeinek tudományos vizsgálata és a nemzetközi klímapolitika fejlődése

„Miképpen tud a tudomány a leghasznosabb lenni, amikor nem kellő mértékű vagy nem kellően egyértelmű a bizonyosság, a szakértők szubjektív értékelése eltérő a következmények valószínűségéről, de a politikusok útmutatást és igazolást várnak azon intézkedéseikre, amelyek jelentős környezeti és társadalmi változásokat okozhatnak.”

Stephen H. Schneider & Kristin Kuntz-Duriseti, 2002⁷⁴⁷

A globális szintűvé vált éghajlatmódosító tevékenységek és hatásaik vizsgálatának története, a nemzetközi klímapolitika eddigi fejlődése sok olyan tanulságot szolgáltat, amelyek – túl azon, hogy általánosabban is jellemzőek a környezeti globalizációra – megfontolásra érdemesek a veszélyes folyamat esetében annak további tanulmányozásához és kezeléséhez.

A globális „politikai klíma” változékonysága nagymértékben hatott nemcsak általában a nemzetközi környezetpolitikára, hanem többek között a klímapolitika alakulására, annak „hullámzó” jellegére.

- Ennek első „felívelő” stádiumát jelentette az átmeneti enyhülési időszakban – a klímapolitikai együttműködést is először szorgalmazó – (1968-tól tervezett) 1972. évi környezeti világkonferencia, majd az azt követő (1973-tól előkészített) 1975. évi helsinki páneurópai biztonságpolitikai és együttműködési konferencia megtartása, záródokumentumaik jóváhagyása. Ezután a „kis hidegháborús” években nagyon mások lettek a prioritások. Csak ezek múltán és a gyarapodó ismereteknek is köszönhetően az 1980-as évtized közepétől került újra a világpolitika napirendjére általában a környezetvédelem, illetve kifejezetten az éghajlatváltozás témája is. Az utóbbi témakörben külön is kiemelendő az arról szóló első ENSZ-határozat (1988), majd a klímaegyezmény (1992) és jegyzőkönyvének (1997) a jelentősége.
- Ezt követően egyfajta „klímapolitikai apátia” is jelezte a változó világrendben újra kieleződő versenyt és konfliktusokat. Ennek egyik tüneteként – látva a „feltörekvő gazdaságok”, elsősorban Kína gyorsan növekvő világpolitikai és -gazdasági súlyát – saját gazdasági érdekeikre hivatkozva az USA nem volt hajlandó ratifikálni a Kiotói Jegyzőkönyvet, Oroszország hosszú ideig vonakodott ettől, Kanada pedig távozott a jegyzőkönyv részeseinek sorából. A fejlődő országok továbbra is a közös globális klímavédelmi fellépés előfeltételének tekintették a fejlettek kibocsátáscsökkentési és a fejlődők támogatására irányuló vállalásait, mely utóbbiak kibocsátásmérséklési feladataik ellátását és az éghajlatváltozás káros hatásaira való felkészülésüket segítenék⁷⁴⁸; a vonatkozó vállalások azonban elégtelennek bizonyultak. Ebből az újabb mélypontból részben a 2012-es dohai, majd a 2015-ös párizsi megállapodásokkal sikerült kikerülni. E fluktuáló, „hullámzó” jelleg általában is érvényes volt a globális környezetpolitikai együttműködésre az elmúlt mintegy fél évszázadban [Faragó, 2022a].

A technológiai fejlesztések sokféleképpen hatottak az üvegházhatású gázok kibocsátására és a változó klimatikus feltételekhez való alkalmazkodásra, de egyúttal egyfajta fejlődési-sérülékenységi paradoxont eredményeztek.

⁷⁴⁷ [Schneider & Kuntz-Duriseti, 2002: 54. o.]

⁷⁴⁸ 1992 és 2022 között a klímapolitikai tárgyalások keretében a fejlődő országok támogatására több pénzügyi alapról született döntés: Global Környezeti Alap (GEF), Zöld Klíma Alap (GCF), Speciális Éghajlatváltozási Alap (SCCF), Adaptációs Alap (AF), Legkevesbé Fejlett Országok Alapja (LDCF), Veszteség és Kár Alap (LDF).

- A műszaki haladásnak, a technológiai innovációknak eddig is voltak és nyilván ezután is lesznek előnyös és hátrányos környezeti hatásai. A globalizálódó környezeti folyamatok elmélyültebb tudományos feltárásához nélkülözhetetlen volt a megfigyelések hálózatának bővítése, a megfigyelési, az információs technológiai és a kutatási eszközök fejlesztése. Mindebbe beleértve: a paleoklimatológiai történések tanulmányozásához, a légköri nyomanyagok mennyiségének és abszorpciós tulajdonságainak meghatározásához, a magaslégköri és a műholdas megfigyelésekhez, a bonyolultabb numerikus modellek alkalmazásához szükséges eszközöket. Ugyanakkor más technológiai vívmányok akaratlanul is ahhoz járultak hozzá, hogy még nagyobbak lettek a környezeti és ennek részeként az éghajlati rendszerre gyakorolt – környezetterhelő, illetve az éghajlati rendszer állapotmódosítását előidéző – emberi hatások.
- A kibocsátások csökkentésére azonban számos megoldási lehetőség is adott és ezek sorában mindenekelőtt a fosszilis tüzelőanyagok használatának visszafogását, az ezekre alapozott energiatermelés és -fogyasztás hatékonyságának növelését, a megújulóknak jobb hasznosítását célzó eljárások említendők, amelyek a legutóbbi nemzetközi egyeztetések során is kiemelt figyelmet kaptak [IEA, 2021; Faragó, 2022b]. E téren nemcsak kifejezetten „környezet-/klímabarát” technológiai innovációkról van szó, hanem e célok elérését elősegítő fogyasztási módokról vagy mintákról is (pl. energiatakarékosság). Abból a feltevésből kiindulva, hogy a továbbra is növekvő globális kibocsátások miatt a szén-dioxid légköri koncentrációemelkedésének mérséklésére, megfékezésére már „csővégi” megoldások is nélkülözhetetlenek lehetnek, a szén-dioxid-kivonási, -leválasztási, -tárolási és -hasznosítási technológiák fejlesztésével és korlátaival is behatóan foglalkoznak [IPCC/WG-III, 2022].
- Az eddigi klímavédelmi intézkedések nem tudták ellensúlyozni a globális klímarendszer stabilitását is veszélyeztető fejlődési/fejlesztési folyamat nem fenntartható termelési eljárásainak és fogyasztási szokásainak („termelési és fogyasztási mintáinak”⁷⁴⁹) hatásait. Ebben az értelemben egy fejlődési-sérülékenységi paradoxonról beszélhetünk. Eszerint a társadalmi-gazdasági „haladás”, jólét érdekében megvalósított egyes technológiai fejlesztések, beruházások – azok akaratlan mellékhatásaival – nemhogy csökkentették volna, hanem még erősíthették is a társadalmak természeti „csapásokkal”, köztük szélsőséges környezeti eseményekkel, gazdasági eredetű krízisekkel, illetve ilyen módon is megmutatkozó tendenciaszerű változásokkal szembeni sérülékenységét [Neumann, 1955; WCP, 1981⁷⁵⁰; Faragó, 1981a, 1981b; Faragó, 2021].

Az antropogén éghajlatváltozás kutatását hosszadalmas tudományos viták jellemezték, amelyek során megerősödött az okaira, meglétére vonatkozó bizonyosság szintje és a tudományos együttműködés. Ez vezethetett el ahhoz, hogy a „klímaprobléma” megjelent a nemzetközi politika színterén, és megkezdődhettek az egyeztetések a szükséges és/vagy lehetséges klímapolitikai válaszokról.

- Az éghajlatváltozási vizsgálatok hosszú története során számos egymásnak ellentmondó hipotézis, felvetés, állítás látott napvilágot, amelyek képviselői kiálltak és érveltek egyik vagy másik nézet érvényessége mellett vagy ellen. Több ilyen esetre hivatkoztunk, köztük olyanokra, amikor nem álltak rendelkezésre megfelelő pontosságú mérések (lásd a „szén-dioxid kontra vízgőz” vitát) vagy túlzott egyszerűsítésekkel jutottak valamilyen következtetésekre (pl. a szén-dioxid mérlegben az óceánok szerepe vagy az első egyszerű éghajlati modellek esetében). A megalapozott érvekkel alátámasztott kétkedés,

⁷⁴⁹ „consumption and production patterns”

⁷⁵⁰ „The lessons learned from failure to carry out thoughtful technological assessment of possible deleterious side effects of substantial expansion in a major technological endeavour should not be disregarded.” (3. o.)

szkepticizmus valamely állítással, annak helytállóságával szemben a tudományos igazság feltárásának fontos eleme volt és maradt e globális folyamat esetében is.⁷⁵¹

- Egy olyan összetett, sokféle külső és belső tényező (kényszer, hajtóerő) által vezérelt rendszer, mint az éghajlati esetében különösen lényeges az ok-okozati összefüggésekről, a rendszer állapotváltozásáról, hatásairól szóló megállapításoknál jelezni azok *igazoltságának mértékét*, a valószerűségének a szintjét [IPCC, 2013/WG-I⁷⁵²]. Ettől is függ, hogy a klímapolitikai döntések során mikor és miképpen alkalmazzák az elővigyázatosság elvét.
- A megfigyelési, elemzési, modellezési, hatásvizsgálati programok eredményei, a nemzetközi konferenciák eszmecseréi nyomán elfogadott nyilatkozatok, a közösen megalkotott értékelő jelentések alapozták meg azt, hogy a politikai közösség elfogadja: már nem egy tudományos hipotézisről van szó, hanem egy meglévő veszélyes folyamatról. A tudományos közösség eredményeire alapozottan indulhatott meg – a politikai, gazdasági, szociális és más szempontok figyelembevételével – a klímapolitikai intézkedéseket tartalmazó programok, megállapodások kidolgozása és végrehajtása.

Az éghajlatváltozás egy könnyen érthetőnek látszó, de valójában nehezen megoldható feladvány és ebből is fakadóan a klímapolitika alapvető dilemmákkal terhelt.

- Olyan egyszerűnek tűnhet, hogy az éghajlat módosulásával a felszíni átlaghőmérséklet és több más környezeti jellemző tendenciaszerűen változik, ennek lehetnek hátrányos vagy akár előnyösnek látszó következményei, és ezek mérlegelésétől függően kell arról határozni, hogy vannak-e teendők e változások és hatásaik miatt. Az éghajlati rendszer azonban különösen bonyolult, állapotának változékonyságát és változását sok tényező befolyásolja, a következmények is sokfélék, a tendenciaszerű változások azonosítása sem egyszerű feladat (lásd éghajlati „jel-zaj” arány), akárcsak a hatékony nemzetközi válaszlépések megtalálása. A problémával való azonosulás nehézségét jól érzékeltetheti, hogy az antropogén éghajlatváltozás lehetőségének felvetésétől [Arrhenius, 1896; Ekholm, 1901] közel egy évszázad telt el a globális politikai választ jelző keretegyezmény, majd a sokkal konkrétabb jegyzőkönyvének megkötéséig [UNFCCC, 1992; UNFCCC/KP, 1997⁷⁵³].
- További dilemmaként állt elő a kibocsátás-csökkentés és a hatásokra való felkészülés viszonya – egyebek mellett az Éghajlatváltozási Keretegyezmény és a Párizsi Megállapodás kapcsán –, azaz hogy mi a célszerűbb, megoldhatóbb feladat: a további kockázatos változások megelőzése vagy inkább az alkalmazkodás. Egyetértés alakult ki e globális környezetterhelés csökkentésének sürgősségéről abból a felismerésből kiindulva, hogy sokfelé akár már lehetetlenné válna az adaptáció, ha a környezetállapot változásának mértéke és üteme kritikus határokat lépne át. Amellett, hogy e kibocsátások szabályozásában minden fél részvétele elvárt lett felelősségének és lehetőségeinek számításba vételével, egyúttal egyöntetű elfogadást nyert a káros hatásokkal szembeni „rugalmas ellenállóképesség” (reziliencia) és az alkalmazkodóképesség javításának szükségessége is.
- A gondot tovább tetézte, hogy a „klímaproblémát” is érinti a globalizáció hatása a társadalmak kölcsönös függőségének növekedésére és egyúttal a globális gazdaságpolitikai

⁷⁵¹ „Le scepticisme est le premier pas vers la vérité” (Denis Diderot, 1746: Pensées philosophiques)

⁷⁵² „The degree of certainty in key findings in this assessment is based on the author teams’ evaluations of underlying scientific understanding and is expressed as a qualitative level of confidence [...] and, when possible, probabilistically with a quantified likelihood” (4. o.)

⁷⁵³ A kiváltó okok miatt sok hasonlóságot mutató – elsődlegesen a kén-dioxid kibocsátás miatti – környezetsavasodási folyamat esetében az ok-okozati kapcsolatok Svante Odén általi 1968-os felvetését követően 1979-ben fogadták el a keretjellegű egyezményt, majd 1985-ben már konkrét célokkal az első „kén-jegyzőkönyvet”. Ebben az esetben tehát a tudományos felvetés és a politikai válaszadás közötti időköz, az utóbbi „késedelme” csak egy-másfél évtizednyi volt.

viszonyok alakulására. A keretegyezmény kidolgozásakor a kötelezettségeket illetően még egyetértésre lehetett jutni a „háromosztatú” világtrend⁷⁵⁴ szerinti felelősségvállalásról, de az azóta eltelt néhány évtized alatt gyökeresen megváltozott a helyzet: ezt jelzi az emelkedő szintű globális környezetterhelésben az egyes országok, országcsoportok részesedésének, arányainak módosulása.

- A globális környezetterhelés és az ehhez való hozzájárulások változása mellett az üvegházhatású gázok kibocsátásáért felelős „fogyasztási és termelési minták” tehetetlenségének is betudható, hogy egyelőre nemigen csökken globális szinten a klímatudomány által ajánlott és a klímapolitika által elfogadott klímavédelmi beavatkozások konkrét céljainak – még kevésbé azok tényleges teljesítésének – a különbsége (5. ábra) [UNEP/EGR, 2021; Faragó, 2016a]. Az újabb értékelő jelentések megerősítették ezt az eltérést, azaz a globális politikai válaszok elmaradását a tudományosan megalapozott céloktól, illetve a korábbi „ígéretektől” úgy a kibocsátáscsökkentés, mint a környezetállapotban végbemenő változásokra való felkészülés tekintetében [UNEP/EGR, 2022⁷⁵⁵; UNEP/AGR, 2022⁷⁵⁶]. Némi pozitív fejleményt jelentenek az országok részéről 2022 októberéig benyújtott szándéknyilatkozatok – hivatalosan a „Nemzetileg meghatározott hozzájárulások” a közös klímacélok eléréséhez –, mert azok globális összesítése alapján még lehetségesnek látszik, hogy 2030 után már nem fognak tovább növekedni az antropogén üvegházhatású gázkibocsátások, habár e vállalások nem tekinthetők nemzetközi jogi értelemben vett kötelezettségeknek [UNFCCC, 2022⁷⁵⁷].
- A Párizsi Megállapodásban foglalt éghajlatváltozás-korlátozási küszöbértékek átlépésének elkerüléséhez szükségesnek tartott, határidőkhöz kötött globális kibocsátáscsökkentési célszámok – az újabb becslések szerint – még nagyobb mértékűek lettek és azok teljesítése rendkívül határozott intézkedéseket igényelne [IPCC/WG-I, 2021⁷⁵⁸; IPCC/WG-III, 2022⁷⁵⁹]. A 2021. évi glasgow-i klímacsúcson legalább az energiatermelésben a kőszén használatának és a fosszilis tüzelőanyagokkal kapcsolatos támogatásoknak a fokozatos mérsékléséről sikerült közösen megállapodni, de bármiféle konkrétabb határidő, ütemezés meghatározása nélkül [Faragó, 2022b].

⁷⁵⁴ a fejlettek, a fejlődők és az „átmeneti gazdaságú” országok csoportjai

⁷⁵⁵ „Since the twenty-sixth UN Climate Change Conference of the Parties (COP 26), there has been very limited progress in reducing the immense emissions gap for 2030. [...] Emissions under current policies are projected to reach 58 GtCO₂e in 2030. This is 3 GtCO₂e higher than the estimate of last year’s report.” (xvi., xix. o.)

⁷⁵⁶ „Global efforts in adaptation planning, financing and implementation continue to make incremental progress but fail to keep pace with increasing climate risks.” (xiii. o.)

⁷⁵⁷ „Total global GHG emissions (without LULUCF) taking into account implementation of the latest NDCs are estimated to be around [...] 52.4 (49.1–55.7) GtCO₂eq in 2030, which are [...] 50.8 per cent higher than in 1990, 10.6 per cent higher than in 2010 and 0.3 per cent lower than in 2019, as well as 1.9 per cent lower than the estimated level for 2025, indicating the possibility of global emissions peaking before 2030.” (5. o.)

⁷⁵⁸ „all emission pathways with no or limited overshoot of 1.5°C imply that global net anthropogenic CO₂ emissions would need to decline by about 45% from 2010 levels by 2030, reaching net zero around 2050, together with deep reductions in other anthropogenic emissions, such as methane and black carbon. To limit global warming to below 2°C, CO₂ emissions would have to decline by about 25% by 2030 and reach net zero around 2070.” (1-53. o.) „(The) delay between a peak in emissions and a decrease in concentration is a manifestation of the very long lifetime of CO₂ in the atmosphere; part of the CO₂ emitted by humans remains in the atmosphere for centuries to millennia.” (4-103. o.)

⁷⁵⁹ „All global modelled pathways that limit warming to 1.5°C (>50%) with no or limited overshoot, and those that limit warming to 2°C (>67%) involve rapid and deep and in most cases immediate GHG emission reductions in all sectors. Modelled mitigation strategies to achieve these reductions include transitioning from fossil fuels without CCS to very low- or zero-carbon energy sources, such as renewables or fossil fuels with CCS, demand side measures and improving efficiency, reducing non-CO₂ emissions, and deploying carbon dioxide removal (CDR) methods to counterbalance residual GHG emissions.” (SPM-32. o.)

- Mindeme kételyek ellenére, a Párizsi Megállapodás és az azóta közösen elfogadott intézkedések által meghatározott, az 1992. évi egyezményben foglaltakat kibővítő együttműködési keretek és eszközök kellő alapot biztosíthatnak ahhoz, hogy – az újabb megfigyelések és elemzések, a veszélyek még egyértelműbb tudományos felismerése és politikai elismerése függvényében – a továbbiakban még hatékonyabb klímapolitikai intézkedésekről születhessenek döntések.

EPILÓGUS

Az e kötetben bemutatott, részletesen elemzett, értékelt globális problémák felismerésének és kezelésének közös jellemzői, összefüggései és tanulságai közül – a bevezetőben és a tematikus fejezetek végén részletezett egyes szempontok, megállapítások figyelembevételével – összefoglalóan az alábbiakat emeljük ki.

- ***A társadalmak az általuk folytatott különböző életviteli, gazdasági (termelési és fogyasztási) tevékenységek során – gyorsan növekvő mértékben – úgy hasznosítottak természeti erőforrásokat, illetve bocsátottak ki a környezet állapotát módosító, a környezetet, a bioszférát, az emberi egészséget károsító anyagokat, hogy hosszú időn át nem ismerték fel a kockázatos következményeket vagy ez utóbbiakat elhanyagolhatónak ítélték meg az érintett tevékenységek fontosságához, hasznosságához képest.*** Ez egyaránt érvényes a toxikus nehézfémek (különösen és nagyon hosszú időn át a higany és az ólom) sokoldalú alkalmazására, különféle veszélyes szennyező anyagoknak, hulladékoknak a környezetbe való kikerülésére, az ózonkárosító és bizonyos üvegházhatású gázok légköri emisszióira. Rendkívül tanulságos mindegyik vizsgált témakörben, hogy e globalizálódó folyamatok tudományos feltárásának milyen főbb mozzanatait, fordulópontjai voltak, milyen sokszor egymásnak ellentmondó feltételezéseken, érvek és ellenérvek felvetésén, szakértői vitákon keresztül kristályosodhatott ki – a mind pontosabb megfigyelésekre, ok-okozati összefüggések megalapozottabb feltárására alapozva – a vonatkozó környezeti probléma megértése és veszélyességének felfogása. (Ezért tartottuk lényegesnek mindegyik témakörben, hogy felidézzük e fokozatosan globálissá vált folyamatok tudományos vizsgálatának főbb mozzanatait, fordulópontjait, beleértve az eredeti szakirodalmi forrásokra való hivatkozásokat.)
- ***Mindegyik globalizálódó környezetterhelési témakörben voltak „előjelek”, vagyis olyan szélsőségesebb jelenségek és társadalmi-gazdasági hatások, amelyek planetáris környezetünk – közös planetáris otthonunk – közreműködésünkkel előidézett kockázatos állapotváltozásának esetleges jeleiként is felfoghatók voltak.*** Az ezekre való felfigyelés elősegítette az elmélyültebb vizsgálatok megkezdését és elsősorban legalább az elővigyázatos lépések megtételéről szóló nemzetközi megegyezést. A több és megalapozottabb ismeret függvényében kerülhetett sor a határozottabb ajánlások, célok, intézkedések elfogadására. E fokozatosság a leginkább és a leghatékonyabban az ózonréteg védelme során mutatkozott meg, de ilyennek tekinthető többek között a veszélyes hulladékok nemzetközi kereskedelmét szigorító folyamat és – összetettebb, ellentmondásosabb jellege mellett – a nemzetközi klímapolitika fejlődése is. Tágabban véve a környezettudomány és a környezetpolitika esetében is tehát a történelmi előzmények, a fel- és megismerés és a válaszok kialakulási szakaszainak feltárása, értékelése a jelenre és a jövőre nézve fontos tanulságokat szolgáltat. (Megítélésünk szerint ez feltétlenül érvényes az e kötetben áttekintett környezeti folyamatokra, és ezért is részleteztük mindegyik tematikus fejezet végén is az abban a témakörben jelentősebbnek tartott következtetéseket és tanulságokat.)
- ***A globálissá vált egyes környezetterhelő folyamatok nem függetlenek – sem okaik, sem következményeik tekintetében – más antropogén környezeti és áttételesen környezeti vetületű társadalmi-gazdasági folyamatoktól, és így nem is oldhatók meg önmagukban.*** Az emberi tevékenységek sokszor külön-külön elemzett kiterjedt hatásai összességükben is a környezeti rendszer állapotváltozását és egyúttal környezeti életfeltételeink módosulását idézik elő, és így ezek együttesen hatnak vissza a társadalmakra. Emiatt figyelemmel kell lenni az összefüggéseikre, kölcsönhatásaikra. Azaz átfogó (holisztikus) megközelítéssel is

azonosítani, vizsgálni kell azokat az emberi tevékenységeket, amelyek veszélyes vegyi anyagokkal, hulladékokkal terhelik a környezetet, közvetlenül vagy közvetve egyaránt hatnak az éghajlatra, az ózonrétegre, a szárazföldi és a tengeri területek környezetminőségére, élővilágára. Egyúttal csak ezen a módon kerülhető el, hogy miközben valamely felismert veszélyes folyamat megfékezésére intézkedések – programokba, megállapodásokba foglalt válaszpolitikák – születnek, azok ne eredményezzék egy másik káros hatás kialakulását vagy megerősödését (azaz „átterhelést”). Ebből a szempontból felettébb pregnáns példa, amikor az ózonréteg megmentése érdekében elsőként bevezetett megoldások – a különösen ózonkárosító anyagok kiváltása, helyettesítése – egy másik környezetterhelő folyamat, azaz a légköri üvegházhatás erősítéséhez járult hozzá.

- ***Kulcsfontosságú mindegyik itt elemzett, a környezetre ható folyamat esetében a megelőzés elsőbbsége, vagyis mindenekelőtt a feltárt környezetkárosító beavatkozások, hatások csökkentése, megszüntetése.*** Emellett, ezzel párhuzamosan lényeges a környezeti feltételekben már elkerülhetetlen változásokra, főként a káros hatásokra való felkészülés, az alkalmazkodás. E kettősség eltérő okokból különösen az ózon- és a klímaprobléma kapcsán merült fel, de az is világossá vált, hogy az alkalmazkodásnak határai vannak, tehát a környezeti feltételekben végbemenő gyorsuló és súlyosbodó változásokhoz egyre nehezebben és csak korlátozott mértékben lehet alkalmazkodni. Ugyanakkor a kialakult globális problémáért az egyes társadalmak által viselt eltérő (történelmi) felelősség és a megoldással kapcsolatos eltérő lehetőségeik („kapacitásaik”) miatt e vonatkozásban meglehetősen különböző álláspontot képviseltek és képviselnek elsősorban a fejlett és a fejlődő országok.
- ***A nemzetközi tudományos és (szak)politikai együttműködés megerősödése, intézményesülése meghatározó jelentőségű volt e globálissá vált folyamatok megértésében, a megoldási lehetőségek feltárásában és az elhatározott intézkedések foganatosításában.*** E problémák kezelésében pedig eltérő módon, eszközökkel, de egyaránt fontos volt és maradt a szerepe a kormányzati és a társadalmi nem kormányzati szervezeteknek.
- ***A felismert és a nemzetközi közösség által elismert, „országhatárokat nem ismerő” kiterjedt környezeti problémák megoldására közösen kidolgozott és elfogadott ajánlások, programok, megállapodások csak komoly kompromisszumok árán jöhettek és jöttek létre.*** Ennek hátterében mindenekelőtt az országok nagyon eltérő helyzete és érdeke húzódott meg, aminek alapvető következményei lettek nemcsak a vállalásokban, hanem az azok tevékenes végrehajtásában is megmutatkozó különbségek. Ennek folyamata lett egyrészt a tudományosan megalapozott (szükségesnek tartott) és az azokhoz képest a politikai egyezkedések nyomán közösen elfogadott, mérsékeltebb célok között megmutatkozó sokszor számottevő eltérés, másrészt még ez utóbbiak esetében is az azok teljesítésétől való elmaradás. Ha nagyon más és más mértékben is, de ez történt, illetve történik az e kötetben hivatkozott mindegyik program és megállapodás vonatkozásában (a legkevésbé az e szempontból leggyakrabban hivatkozott ózonréteg-védelemmel kapcsolatos nemzetközi együttműködés esetében).
- ***A kockázatos vagy már kellő bizonyossággal káros környezeti hatásúnak tekintett emberi tevékenységekkel foglalkozó – azok korlátozását, megváltoztatását célzó – nemzetközi politikai együttműködés helyzete, illetve hatékonysága eddig sem csak a tudományos kutatások eredményeitől függött, hanem a globális „politikai környezet” állapotától, alakulásától.*** Ennek kapcsán utaltunk a tudomány és a politika viszonyának a jelentőségére, „hullámzó” jellegére és arra, hogy e tekintetben mennyire lényeges a társadalmi-gazdasági és a környezeti folyamatok szoros összefüggésének, kölcsönhatásának a megértése és elismerése.

- ***Nemcsak e környezetkárosító problémák kibontakozása, globálissá válása, tudományos felismerése és a válaszlépések megtalálása, az azokra vonatkozó egyetértés létrejötte tartott hosszú ideig, hanem huzamosabb idejű maguknak e veszélyes folyamatoknak a tényleges megfékezése, a biztonságos környezeti állapot újbóli elérése is.*** Ez világosan megmutatkozik a toxikus nehézfémek alkalmazásuktól való megváltás, az ózonréteg veszélyeztetésének megszüntetése és ezáltal az „ózonpajzs” regenerálódása, a globálissá vált veszélyes szennyezőanyag- és hulladékáram felszámolása, a gyorsuló éghajlatváltozás „megállítása” esetében. Hosszú évtizedekről van szó és azzal a feltételezéssel, hogy valóban és kellő ütemben abbamaradnak a vonatkozó környezetterhelő tevékenységek. Az ilyen tevékenységek egy részével való felhagyás vagy „környezetbarát” megoldásokkal, technológiákkal való kiváltása sem egyszerű: ezt jól példázza az ózonkárosító anyagok helyettesítése, a higanyos alkalmazások helyett más megoldások bevezetése, a benzin „ólmozásának” abbahagyása, de mindezek mellett a legnehezebbnek látszik a „klímaprobléma” megoldása.
- ***A globális jelentőségű vált környezeti témákban – akárcsak általában a világ ügyeiben – való megfelelő eligazodásban kulcsszerepe volt és van a megfelelő tájékozottságnak és ebben az oktatásnak, a tudománynak, a korrekt tudományos kommunikációnak.*** Ebből a szempontból is tanulságos nyomon követni az e kötetben hivatkozott, idézett kutatók megállapításait, ahogyan azokban tükröződtek a vizsgált folyamatokról gyarapodó tudományos ismeretek, és ahogyan ez hatással volt ezekben az ügyekben a tudomány és a politika „párbeszédére”, a nemzetközi tudományos és politikai együttműködés fejlődésére.

HIVATKOZÁSOK

Bevezetés: hivatkozások	186
1. fejezet: hivatkozások	189
2. fejezet: hivatkozások	193
3. fejezet: hivatkozások	200
4. fejezet: hivatkozások	205
A hivatkozott nemzetközi megállapodások	209

Bevezetés: hivatkozások

- Bándi Gy. (szerk.), 1993: Nemzetközi környezetvédelmi jog. ELTE Jogi Továbbképző Intézet
- Bándi Gy., 2009: A környezethez való jog aktualitása, *Rendészeti Szemle*, 1, 17-32
- Bándi Gy., 2013: A fenntartható fejlődés jogáról. A jövő nemzedékek joga. *Pro Futuro*, 1, 11-30
- Bartus G., 2013: A fenntartható fejlődés fogalom értelmezésének hatása az indikátorok kiválasztására. *Statisztikai Szemle*, 91:8–9., 842–869
- BRS-MCM, 2021: Chemicals, wastes and climate change. Interlinkages and potential for coordinated action. Secretariats of the Basel, Rotterdam, Stockholm Conventions (BRS), and the Minamata Convention on Mercury (MCM)
- Crutzen, P.J. & E.F. Stoermer, 2000: The „Anthropocene”. *Global Change Newsletter*, 41, 17-18
- Cullet, Ph., 1995: Definition of an Environmental Right in a Human Rights Context. *Netherlands Quarterly of Human Rights*, 13, 25-40
- Déjeant-Pons, M. & M. Pallemarts, 2002: Human rights and the environment, Council of Europe
- Desai, B., 2019: On the Revival of the UN Trusteeship Council with a New Mandate for the Environment and the Global Commons. *Environmental Policy and Law*. 48:6, 333-344
- Earth Council, 2002: Earth Charter (Magyar kiadás: A Föld Charta, 2003 (szerk.: Csobod É.). REC Magyar Iroda)
- Faragó T., 2011: A levegőkörnyezet- és klímavédelem nemzetközi kvóta-kereskedelmi rendszerei. *Klíma-21*, 65. szám, 3–16. <http://real.mtak.hu/62580/>
- Faragó T. & Láng I., 2012: Nemzetközi program a fenntartható fejlődésért: Riótól Rióig. *Magyar Tudomány*, 173:5, 590–594. <http://real.mtak.hu/62440/>
- Faragó T., 2012: A fenntartható fejlődéssel foglalkozó nemzetközi együttműködés négy évtizede. *Külügyi Szemle*, 11:3, 189-211 <http://real.mtak.hu/62578/>
- Faragó T., 2013: A globálisan növekvő hulladékmennyiség és a kezelésére irányuló nemzetközi törekvések. *Ipari Ökológia*, 2:1, 43–76. <http://real.mtak.hu/62439/>
- Faragó T., 2015: A folyékony ezüst tündöklése és bukása. *Magyar Kémikusok Lapja*. 70:1 (1. rész), 11–14.; 70:2 (2. rész) 43–47. (1) <http://real.mtak.hu/61562/> (2) <http://real.mtak.hu/62028/>
- Faragó T., 2016: Világunk 2030-ban: a nemzetközi együttműködés új egyetemes programjának előzményei, lényege és értékelése. *Külügyi Szemle*, 15:2, 3–24. <http://real.mtak.hu/38257>
- Faragó T., 2017: Az ózonréteg megmentése: egy globális környezeti áttérhelés évfordulója és tanulságai. *Magyar Tudomány*, 178:9, 1105–1113. <http://real.mtak.hu/62024/>
- Faragó T., 2018: A nemzetközi és a vitatott tengeri területek kőolajkészletei: igények, konfliktusok, megállapodások. In: *Környezet és energia*, MTA DAB, 25–31. <http://real.mtak.hu/79248/>
- Faragó T., 2022: Közös környezetünk és a globalizáció. Akadémiai Kiadó <http://real.mtak.hu/133300/> (Akadémiai Kiadó e-book <https://akademiai.hu/ptudx00345-kozos-kornyezetunk-es-a-globalizacio.html>)
- Fodor L., 2015: Környezetjog. Debreceni Egyetem
- Fülöp S., 2012: Az egészséges környezethez való jog és a jövő nemzedékek érdekeinek védelme az Alaptörvényben. In: *Jogtud. tanulmányok a fenntartható természeti erőforrások témakörében* (szerk. Csák Cs.), Miskolci Egyetem, 76-87
- Getu, M., 2012: Accommodating the interests of developing countries in the climate change regime: lessons from the ozone layer regime. *Mizan Law Review*, 6:1, 1-44
- Glaser, M.B., 1982: CO₂ Greenhouse Effect (A technical review). Exxon Res. and Eng. Company, EC-11-5
- GORMP, 1985: Atmospheric ozone 1985: assessment of our understanding of the processes controlling its present distribution and change: Volume 1. Global Ozone Research and Monitoring Project Report 16 (WMO, UNEP, NASA, FAA, NOAA, CEC, BFT)
- Hajer, M.A., 1993: Discourse coalitions and the institutionalization of practice: The Case of Acid Rain in Great Britain. In: *The Argumentative Turn in Policy Analysis and Planning* (eds.: F. Fischer & J. Forester). Duke Univ. Press, 43-76
- Hall, N., 2007: Transboundary Pollution: Harmonizing International and Domestic Law. *Univ. of Michigan Journal of Law Reform*, 40:4, 681-746

- Herzog, H.J. & E.M. Drake, 1996: Carbon dioxide recovery and disposal from large energy systems. *Annu. Rev. Energy Environ.* 21, 145-166
- Holt, S.J., 2001: Sharing the Catches of Whales in the Southern Hemisphere. In: Case studies on the allocation of transferable quota rights in fisheries. FAO Fisheries Technical Paper, 411
- Homer-Dixon, T.F., 1994: Environmental Scarcities and Violent Conflict: Evidence from Cases. *International Security*, 19:1, 5-40
- IPCC, 2005: Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage
- IPCC/WG-I, 2013: Climate Change 2013. The Physical Science Basis
- IPCC/WG-II, 2014: Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability
- IPCC & TEAP, 2005: Special report on safeguarding the ozone layer and the global climate system: issues related to hydrofluorocarbons and perfluorocarbons
- IUCN-UNEP-WWF, 1991: Caring for the Earth. Earthscan (Magyar változat: Földünkért. Az élet fenntartásának stratégiája, 1992, Aqua)
- Jolly, S. & A. Trivedi, 2021: Principle of CBDR-RC: Its Interpretation and Implementation Through NDCs in the Context of Sustainable Development. *Washington Journal of Environmental Law & Policy*, 11:3, 309-348
- Kerényi A., 1998: Általános környezetvédelem. Mozaik K.
- Kiss, A. Ch., 1976: Peut-on définir le droit de l'homme l'environnement? *Revue juridique de l'Environnement*. 1, 15-18
- Kiss, A. Ch., 1989: Droit international de l'environnement, Pedone, Études internationales, n° 3
- Klare, M.T. et al., 2011: The Public Health Implications of Resource Wars. *Am. J. Public Health*, 101:9, 1615-1619
- Kocsis-Kupper Zs., 2003: Nemzetközi környezetjog. ELTE Jogi Továbbképző Intézet
- Láng I. et al. (szerk.), 2002: Környezet- és természetvédelmi lexikon. Akadémiai Kiadó
- Landrigan, P.J. et al., 2017: The Lancet Commission on pollution and health. *The Lancet*, 391:10119, 462-512
- Landrigan, P.J. & R. Fuller, 2018: The Impact of Pollution on Planetary Health: Emergence of an Underappreciated Risk Factor. UNEP Perspectives No.29
- Leontief, W., 1970: Environmental repercussions and the economic structure: An input-output approach. *The Review of Economics and Statistics*, 52:3, 262-271
- MCM, 2013: Minamata Convention on Mercury
- McNeill, J.R. & P. Engelke, 2014: The Great Acceleration: An Environmental History of the Anthropocene since 1945. Harvard University Press
- Meadows, D.H. et al., 1972: The Limits of Growth. Universe Books
- Munasinghe, M. & K. King, 1991: Issues and options in implementing the Montreal Protocol in developing countries. Environment Working Paper No. 49. The World Bank (Env. Dpt.)
- OST, 1967: Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, Including the Moon and Other Celestial Bodies (Outer Space Treaty)
- Nagy B., 1994: Védőbeszéd a jövő nemzedékekért. *Liget*, 2, 48-58
- Norgaard, R.B., 1992: Sustainability as Intergenerational Equity: Economic Theory and Environmental Planning. *Environ. Impact Assess Rev.*, 12, 85-124
- Pató Zs. & Faragó T., 2004: A Globális Környezeti Alap: a nemzetközi szervezet, a támogatási területek és a magyarországi programok. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium <http://real.mtak.hu/62992/>
- Polanyi K., 1944: The Great Transformation. Farrar & Rinehart Publ.
- Redgwell, C., 2015: Transboundary pollution: principles, policy and practice. In: Transboundary Pollution: Evolving Issues of International Law and Policy (Eds: Jayakumar, S. et al.). Edward Elgar Publ., 11-35
- Rockström, J. et al., 2009: Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. *Ecology and Society*, 14:2, 32.
- SC, 2001: Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants
- SLG, 2001: Learning to Manage Global Environment Risks. Social Learning Group, M.I.T. Press
- Sohn, L.B., 1973: The Stockholm Declaration on the Human Environment. *The Harvard International Law Journal*, 14:3, 423-515
- Steffen, W. et al., 2004: Global Change and the Earth System: A Planet Under Pressure, IGBP Global Change Series, Springer-Verlag
- Steffen, W. et al., 2007: The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature? *Ambio*, 36:8, 614-621
- Steffen, W. et al., 2015: The Trajectory of the Anthropocene: the Great Acceleration. *The Anthropocene Review*. 2:1, 81-98
- Symonides, J., 1992: The human right to a clean, balanced and protected environment. *International Journal of Legal Information*, 20, 24-40
- UN, 1962: Declaration of Legal Principles Governing the Activities of State in the Exploration and Use of Outer Space (13 Dec 1963), A/5515 (1963)

- UN, 1968: Problems of the human environment. A/RES/2398(XXIII)
- UN, 1969: Declaration on Social Progress and Development. A/RES/2542(XXIV)
- UN, 1972: Stockholm Declaration and Action Plan (UN Conference on Human Environment, UNCHE) A/Conf.48/14.rev.1
- UN, 1982: World Charter for Nature. A/RES/37/7
- UN, 1987: Environmental Perspective to the Year 2000 and Beyond. A/RES/42/186
- UN, 1990: Need to ensure a healthy environment for the well-being of individuals. A/RES/45/94
- UN, 1992: Agenda 21. The United Nations Programme of Action from Rio; Rio Declaration (UN Conference on Environment and Development, UNCED)
- UN, 1993: Vienna Declaration and Programme of Action. World Conference on Human Rights
- UN, 1995: Copenhagen Declaration on Social Development and Programme of Action. Report of the World Summit for Social Development, A/CONF.166/9
- UN, 2000: United Nations Millennium Declaration. A/RES/55/2. Magyar változat: ENSZ Millenniumi nyilatkozat. Magyar ENSZ Társaság
- UN, 2006: Reports of International Arbitral Awards, Trail Smelter Case. UN, Vol. III, 1905–1982
- UN, 2012: The Future We Want (UN Conference on Sustainable Development, UNCSD). A/RES/66/288
- UN, 2015: Transforming Our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development (UN Sustainable Development Summit, UNSDS)
- UN, 2022: The human right to a clean, healthy and sustainable environment. Resolution adopted by the General Assembly (28 July 2022), A/RES/76/300
- UNCHR, 1994: Human rights and the environment. E/CN.4/Sub.2/1994/9
- UNCLOS, 1982: United Nations Convention on the Law of the Sea
- UNEP, 1982: The state of the environment
- UNEP, 1987: Cairo Guidelines and Principles for the Environmentally Sound Management and Disposal of Hazardous Wastes, UNEP/GC.14/17
- UNEP, 1992: The impact of ozone layer depletion. UNEP/GEMS Environment Library No 7
- UNEP, 1998: Environmental effects of ozone depletion
- UNEP, 2007: Multilateral Environmental Agreement – Negotiator’s Handbook. University of Joensuu
- UNEP, 2009: From conflict to peacebuilding. The role of natural resources and the environment
- UNEP, 2021: Measuring Progress: Environment and the SDGs
- UNEP/EEAP, 2020: Summary Update for Policymakers. UNEP Environmental Effects Assessment Panel
- UNEP/GEO, 2012: Global Environment Outlook (GEO-5). Environment for the future we want
- UNEP/GEO, 2019: Global Environment Outlook (GEO-6). Healthy Planet, Healthy People
- UNEP/GMA, 2002: Global Mercury Assessment
- UNEP/GMA, 2019: Global Mercury Assessment 2018 & Technical Background Report
- UNFCCC/PA, 2015: Paris Agreement to the UNFCCC
- UNHRC, 2021: The human right to a clean, healthy and sustainable environment. UN Human Rights Committee, A/HRC/RES/48/13
- Untermaier, J., 1978: Droit de l’homme à l’environnement et libertés publiques. Revue juridique de l’environnement, 4. Limoges
- UNU, 1999: Inter-Linkages. Synergies and Coordination between MEAs. United Nations University
- VCPO/MP, 1989: Destruction. First Meeting of the Parties, Decision I/12F
- VCPO/KA, 2016: Amendment to the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer (Kigali, 15/10/2016)
- Victor, P. A., 1972: Pollution – Economy and Environment. University of Toronto Press (2018 ed.: Routledge)
- Vida G., 2012: Honnan hívó Homo? Az Antropocén korszak gondjai. Studia Physiologica, Semmelweis Kiadó
- WCED, 1987: Our Common Future. World Commission on Environment and Development, Oxford Univ. Press
- Weiss, E.B., 1992: In Fairness to Future Generations and Sustainable Development. *American University International Law Review*, 8:1, 19-26
- Westing, A.H., 1986: Global resources and international conflict: an overview. In: Global Resources and International Conflicts (ed.: A.H. Westing), Oxford Univ. Press, 3-20
- WHO, 1989: European Charter on Environment and Health. World Health Organization
- WHO/IPCS, 1995: Ultraviolet radiation. Environmental Health Criteria 160
- WSSD, 2002: Johannesburg Plan of Implementation
- Zilahy Gy., 2004: A tisztább termeléstől az ipari ökológiáig - irányzatok a vállalati környezetvédelemben. In: Környezetpolitikánk európai dimenziói (szerk.: Kerekes S., Kiss K.), MTA Társ.kut. Közp., 267-280

1. fejezet: hivatkozások

- ADN, 2021: European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Inland Waterways

- ADR, 2020: European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road
- AEWA, 1995: Agreement on the Conservation of African-Eurasian Migratory Waterbirds
- AEWA, 2015: Conservation and Sustainable Use of Migratory Waterbirds
- Amasawa, E. et al., 2016: Drawing lessons from the Minamata Incident. In: Sustainability Science: Field Methods and Exercises (eds. M. Esteban et al.). Springer, 93-116
- Andren, A.W. & J.O. Nriagu, 1979: The global cycle of mercury. In: The biogeochemistry of mercury in the environment (ed.: J.O. Nriagu), Elsevier, 1-15
- Aoshima, K., 2016: Itai-itai disease: Renal tubular osteomalacia induced by environmental exposure to cadmium: historical review and perspectives. *Soil Science and Plant Nutrition*, 62:4, 319-326
- Bank, M.S., 2020: The mercury science-policy interface: History, evolution and progress of the Minamata Convention. *Science of the Total Environment*, 722 (2020), 137832
- BC, 1989: Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal
- BMWG, 2003: Mercury Exposure: The World's Toxic Time Bomb. Ban Mercury Working Group
- Bozó, L. et al., 1992: Total deposition and budgets of heavy metals over Eastern Europe. *Időjárás*, 96:1, 61-80
- Bozó, L., 1996: Long-range transport model estimations on the origin of atmospheric lead and cadmium deposition over Hungary. *Időjárás*, 100:1-3, 43-49
- Bozó L., 2005: Assessment of air quality and atmospheric deposition in Hungary. WIT Transactions on Ecology and the Environment, Vol 82 (Air Pollution XIII) 187-193
- BRC, 2019: Global Lead Mining to 2022. Business Research Company
- Brosset, C., 1982: Total airborne mercury and its origin. *Water, Air and Soil Pollution*, 17, 37-50
- Burnett, W., 1823: An Account of the Effect of Mercurial Vapours on the Crew of His Majesty's Ship Triumph, in the Year 1810. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. 113, 402-408
- Butler, T. et al., 2007: Mercury in the Environment and Patterns of Mercury Deposition from the NADP/MDN Mercury Deposition Network. NOAA
- Carruthers, M. & B. Smith, 1979: Evidence of cadmium toxicity in a population living in a zinc mining area. *Lancet*, 845-847
- Chen, C.Y., 2018: A Critical Time for Mercury Science to Inform Global Policy. *Environ. Sci. Technol.*, 52, 9556-9561
- CLRTAP/HM, 1998: Protocol on long-range transboundary air pollution on heavy metals
- CLRTAP, 2010: Hemispheric Transport of Air Pollution, Part B: Mercury. Prepared by the Task Force on Hemispheric Transport of Air Pollution. ECE/EB.AIR/101
- CLRTAP, 2012: Long-term changes of heavy metal transboundary pollution of the environment (1990–2010). EMEP Status Report 2/2012, MSC-E & CCC & CEIP
- CLRTAP, 2018: Long-term strategy for the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution for 2020–2030 and beyond. Decision 2018/5
- CLRTAP, 2019: Declaration on Clean Air for 2020–2030 and beyond in the United Nations Economic Commission for Europe region on the occasion of the fortieth anniversary of the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. ECE/EB.AIR/2019/6
- CMS, 1979: Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals. (Bonn Convention)
- CTEIA, 1992: Convention on the Transboundary Effects of Industrial Accidents
- CTWC, 1992: Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes
- Czaika, E. & B. Edwards, 2014: History of Mercury Use in Products and Processes. Mercury Science and Policy at MIT
- DRPC, 1994: Convention on Cooperation for the Protection and Sustainable Use of the Danube River (Danube River Protection Convention)
- EMEP, 2018: Assessment of heavy metal transboundary pollution on global, regional and national scales. Status Report 2/2018
- EMEP, 2019: Assessment of transboundary pollution by toxic substances: Heavy metals and POPs. Status Report 2/2019
- Engfeldt, L-G., 2009: From Stockholm to Johannesburg and beyond. Ministry of Foreign Affairs, Sweden
- EPA, 1996: EPA Takes Final Step in Phase-out of Leaded Gasoline. EPA press release, Jan. 29, 1996
- EU-Batteries, 2006, 2013: Az Európai Parlament és a Tanács 2006/66/EK irányelve az elemekről és akkumulátorokról, valamint a hulladékelemekről és –akkumulátorokról; az irányelvnek a vezeték nélküli villamos kézi szerszámokba szánt, kadmiumot tartalmazó hordozható elemek és akkumulátorok, valamint az alacsony higanytartalmú gombaelemek forgalomba hozatala tekintetében történő módosításáról
- EU-Mercury, 2017: Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2017/852 rendelete a higanyról
- EU-REACH, 2006: Az Európai Parlament és a Tanács 1907/2006/EK rendelete a vegyi anyagok regisztrálásáról, értékeléséről, engedélyezéséről és korlátozásáról (REACH), az Európai Vegyianyag-ügynökség létrehozásáról

- EU-RoHS, 2011: Az Európai Parlament és a Tanács 2011/65/EU irányelve egyes veszélyes anyagok elektromos és elektronikus berendezésekben való alkalmazásának korlátozásáról
- FACE, 2020: Statement on lead gunshots discussion in ENVI. Federation of Associations for Hunting and Conservation of the EU
- FAO-WHO, 1972: Evaluation of certain food additives and the contaminants mercury, lead and cadmium. FAO Nutr. Meetings, No. 51A; WHO Food Add. Series, No. 4
- Faragó T., 1996: A környezetbiztonság fogalmai, elvei, nemzetközi jogi keretei és programjai. In: Környezetbiztonság: az ENSZ programjai és a hazai feladatok. (szerk.: Faragó T.) KTM, 23-30. <http://real.mtak.hu/103146/>
- Faragó T. & Zs. Kocsis-Kupper, 2000: Accidental transboundary water pollution: principles and provisions of the multilateral legal instruments. WWF-Magyarország és Tisza-Szamos Kormánybiztosi Iroda <http://real.mtak.hu/65639/>
- Faragó T. & Kocsis-Kupper Zs., 2001: Országhatárokon áttérjedő baleseti jellegű vízzennyezések: nemzetközi jogi eszközök elvei és rendelkezései. WWF-Magyarország és Tisza-Szamos Kormánybiztosi Iroda <http://real.mtak.hu/65638/>
- Faragó T., 2015: A folyékony ezüst tündöklése és bukása. *Magyar Kémikusok Lapja*. 70:1 (1. rész), 11–14.; 70:2 (2. rész) 43–47. (1) <http://real.mtak.hu/61562/> (2) <http://real.mtak.hu/62028/>
- Faragó T., 2018a: Környezettudomány és szkepticizmus: környezeti kibocsátások káros hatásainak felismerése és elismerése. *Magyar Tudomány*, 179:9, 1289–1303. <http://real.mtak.hu/84077/>
- Faragó T., 2018b: Nagyhatalmi érdekek és a globális jelentőségű környezeti megállapodások. *Magyar Energetika*, 25:1, 12–17. <http://real.mtak.hu/75715/>
- Fleischer, M. et al., 1974: Environmental Impact of Cadmium: A Review by the Panel on Hazardous Trace Substances. *Environmental Health Perspectives*, May 1974, 254-323
- Garside, M., 2020: Cadmium refinery production worldwide, 2010-2019. Statista
- Gilfillan, S. C., 1965: Lead poisoning and the fall of Rome. *Journal of Occupational Medicine*. 7:2, 53–60
- Goldman, L.R. et al., 2001: Mercury in the Environment: Implications for Pediatricians. *Pediatrics*, 108:1, 197-205
- Greer, L. et al., 2006: Curtailing Mercury's Global Reach. In: State of the World 2006: The Challenge of Global Sustainability. World Watch Institute, 96-114
- Hachiya, N., 2006: The history and the present of the Minamata disease. *JMAJ*, 49:3, 112-118
- Harada, M., 1972: Minamata Disease. Kumamoto Nichinichi Shinbun Centre & Inf. Center/Iwanami Shoten Publishers
- Haszpra L., 2008: EMEP - Egy európai környezetvédelmi program három évtizede. *Léggör*, 53:2, 7-12
- Hiatt, V. & J.E. Huff, 1975: The environmental impact cadmium. *Int. J. of Environmental Studies*, 7, 277-285
- Hinrichsen, D., 1983: New acid rain data disclosed at Stockholm conference. *Unasylva*, 35:141
- Hoban, T.M. & R.O. Brooks, 2018: Green Justice: The Environment and the Courts. Routledge (1st ed.: Westview Press, 1996)
- Holmyard, E.J., 1931: Makers of chemistry. Clarendon Press
- Hughes, H.R., 1985: Heavy metals and the environment. *J. of the Royal Society of New Zealand*, 15:4, 347-353
- Hutchinson, T.C. et al., 1975: Proc. International Conf. on Heavy Metals in the Environment. Canadian Nat. Cmte of SCOPE
- Hutchinson, T.C. & K.M. Meema (eds.), 1987: Lead, Mercury, Cadmium and Arsenic in the Environment. SCOPE-31, Wiley
- IATA/DGR, 2022: Dangerous Goods Regulations
- ICCM, 2019: Progress towards the achievement of the 2020 overall objective of the sound management of chemicals: Progress report for period 2014-2016. SAICM/OEWG.3/INF/4
- IFCS, 2006: Budapest Statement on Mercury, Lead and Cadmium
- IFCS, 2008: Sixth session: Final Report, Executive Summary
- ILZSG, 2018: Lead and zinc statistics. International Lead and Zinc Study Group
- ILZSG, 2020: Metals Despatch, Jan 2020
- IMO, 2020: International Maritime Dangerous Goods Code
- IPCP, 2019: Strengthening the science-policy interface in international chemicals governance
- IUCN-NL, 2020: Opening the black box: local insights into the formal and informal global mercury trade revealed.
- Jánosi I., 2020: Klímaváltozás: hol tartunk most? *Magyar Kémikusok Lapja*, különszám, 1-4
- Jolánkai G. et al., 1993: Analysis of the Balance of Point and Non-point Source Loading of Selected Chemicals in the Rhine River Basin. VITUKI
- Katona G., 2021: Environmental Security and Waste Management Aspects of the Tisza Floods. *Műszaki Katonai K.*, 31:3, 5-16
- Lancet, 2022: Pollution and health: a progress update. *Lancet Planet Health*, 6, 535-547

- LC, 1972: London Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter
- LC/LP, 1996: London Protocol to the London Convention
- MARPOL, 1973: International Convention for the Prevention of Pollution from Ships
- MARPOL/MP, 1978: Protocol to the MARPOL Convention
- MCM, 2013: Minamata Convention on Mercury / Minamata egyezmény a higanyról
- MCM, 2021a: Giving effect to article 22: effectiveness evaluation. Conference of the Parties to the Minamata Convention on Mercury (COP.4/1). UNEP/MC/COP.4/18
- MCM, 2021b: Report on activities undertaken within the Global Mercury Partnership. Conference of the Parties to the Minamata Convention on Mercury (COP.4/1). UNEP/MC/COP.4/INF/16
- MCM, 2022: Report of the Conference of the Parties to the Minamata Convention on Mercury (COP.4/2)
- Mészáros Á. et al., 1988: Az ólom és a kadmium légköri ülepedése Magyarországon. *Időjárás*, 92:2-3, 134-139
- MoE, 2002: Minamata Disease: the History and Measures. The Ministry of the Environment, Gov. of Japan
- Mohr, S. et al., 2018: Global Projection of Lead-Zinc Supply from Known Resources. *Resources*, 7:17, 1-15
- MRC, 2020: Cadmium: 2020 World Market Review and Forecast to 2029. Merchant Research and Consulting
- Mulvaney, K.M. et al., 2020: Mercury Benefits of Climate Policy in China: Addressing the Paris Agreement and the Minamata Convention Simultaneously. *Environ. Sci. Technol.* 54:3, 1326-1335
- NCM, 2003: Cadmium Review. Nordic Council of Ministers
- NCM, 2017: Chemicals and Waste Governance Beyond 2020. Exploring Pathways for a Coherent Global Regime. Nordic Council of Ministers (Honkonen, T. & S.A. Khan)
- Needleman, H., 2000: The Removal of Lead from Gasoline: Historical and Personal Reflections. *Env. Res. A*, 84, 20-35
- Needleman, H., 2004: Lead Poisoning. *Annual Review of Medicine*, 55, 209-222
- NOAA, 2013: Screening Level Risk Assessment Package - Empire Knight. NOAA Office of Nat. Marine Sanctuaries
- Nriagu, J.O., 1979: Global inventory of natural and anthropogenic emissions of trace metals to the atmosphere. *Nature*, 279, 409-411
- Nurick, R., 2019: Independent Evaluation of the Strategic Approach to International Chemicals Management from 2006-2015. UNEP
- OECD & UNEP, 1999: Phasing Lead out of Gasoline. An Examination of Policy Approaches in Different Countries
- OTIF/RID, 2021: Regulations concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail
- Pató Zs. & Faragó T., 2004: A Globális Környezeti Alap: a nemzetközi szervezet, a támogatási területek és a magyarországi programok. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium <http://real.mtak.hu/62992/>
- Patterson, C.C., 1965: Contaminated and natural lead environments of man. *Arch. Environ. Health*, 11, 344-360
- PCFV, 2010: Outcome and Influence Evaluation of the UNEP Partnership for Clean Fuels and Vehicles (PCFV)
- Poikolainen, J.E. et al., 2004: Estimation of the Long-range Transport of Mercury, Cadmium, and Lead to Northern Finland on the Basis of Moss Surveys. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 36:3, 292-297
- Rallo, M. et al., 2012: Mercury policy and regulations for coal-fired power plants. *Environmental Science and Pollution Research*, 19:4, 1084-1096
- RC, 1998: Rotterdam Convention on the Prior Informed Consent Procedure for Certain Hazardous Chemicals and Pesticides in International Trade
- Riva, M.A. et al., 2012: Lead Poisoning: Historical Aspects of a Paradigmatic Occupational and Environmental Disease. *Safety and Health at Work*, 3:1, 11-16
- Rosner, D. et al., 2005: Special Report on Lead Poisoning in Children. Public Health Reports, Assoc. of Schools of Public Health, 296-300
- Rustagi, N. & R. Singh, 2010: Mercury and health care. *Indian J. Occup. Environ. Med.*, 14:2, 45-48.
- SAICM, 2006: Strategic Approach to International Chemicals Management
- SAICM, 2019: Progress towards the achievement of the 2020 overall objective of the sound management of chemicals: SAICM/OEWG.3/INF/4
- SAICM, 2020: Policy Brief. Lessons from the past to inform SAICM and the Sound Management of Chemicals and Waste Beyond 2020
- Salma I., 2010: Tendenciák a városi levegőminőség alakulásában. *Magyar Tudomány*, 171:3, 288-297
- Schwabach, A., 1989: The Sandoz Spill: The Failure of International Law to Protect the Rhine from Pollution. *Ecology law quarterly*, 16, 443-480
- Selin, N.E., 2011: Science and Strategies to Reduce Mercury Risks: A Critical Review. *Journal of Environmental Monitoring*, 13:9, 2389-2399
- Shy, C.M., 1990: Lead In Petrol: The Mistake of the XXth Century. *World Health Statistics Quarterly*, 43:3, 168-176
- Simone, F. et al., 2021: The GOS4M Knowledge Hub: A web-based effectiveness evaluation platform in support of the Minamata Convention on Mercury. *Environmental Science & Policy*, 124:10, 235-246

- Singh, V.P., 2005: Toxic Metals and Environmental Issues. Sarup and Sons (N-Delhi)
- Skerfving, S.B. & J.F. Copplestone, 1976: Poisoning caused by the consumption of organomercury-dressed seed in Iraq. *Bull. World Health Organ.* 54:1, 101-112
- Storch, H. et al., 2002: Reassessing past European gasoline lead policies. *EOS*, 83:36, 393-399
- Streets, D.G. et al., 2011: All-time releases of mercury to the atmosphere from human activities. *Environmental Science & Technology*, 45:24, 10485-10491
- Streets, D.G. et al., 2019: Five hundred years of anthropogenic mercury: spatial and temporal release profiles. *Environmental Research Letters*, 14:8, 417-427
- Takizawa, Y., 2009: Mercury-Contaminated Grain in Iraq. In: Environmental Toxicology and Human Health Vol. I (ed.: Tetsuo Satoh). Encyclopedia of Life Support Systems, 130-143
- Tchounwou, P.B. et al., 2003: Environmental exposure to mercury and its toxicopathologic implications for public health. *Environmental Toxicology*. 18:3, 149-175
- Tchounwou, P.B. et al., 2012: Heavy Metals Toxicity and the Environment. *EXS*, 101, 133-164
- Thomas, V.G. & Guitart R., 2018: Lead Use in Hunting and Fishing. In: D.A. DellaSala, M.I. Goldstein (eds.) The Encyclopedia of the Anthropocene, vol. 5, 177-180. Elsevier
- Tørseth, K. et al., 2012: Introduction to the European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP), *Atmos. Chem. Phys.*, 12, 5447-5481
- Tremblay, J-F., 2016: New processes could spur a phase-out of mercury catalysts in Chinese polyvinyl chloride production. Chemical & Engineering News, 94:3, 22-23
- UN, 1956: Recommendations on the Transport of Dangerous Goods
- UN, 1992: Agenda 21 (The United Nations Programme of Action from Rio)
- UN, 1994: Report of the Commission on Sustainable Development on its Second Session, E/1994/33
- UN, 2011: Hemispheric Transport of Air Pollution 2010. Air Pollution Studies 18: Mercury
- UN, 2015: Transforming Our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development (UN Sust. Dev. Summit, UNSDS)
- UN/GSDR, 2019: Global Sustainable Development Report
- UNEP, 1977: Environmental aspects of the motor vehicle and its use
- UNEP, 1980: The State of the Environment 1980
- UNEP, 1982: The World Environment 1972-1982
- UNEP, 2006: Summary of supply, trade and demand information on mercury. UNEP/DTIE, Chemical Branch
- UNEP, 2010: Final review of scientific information on cadmium
- UNEP, 2013: Mercury - Time to Act
- UNEP, 2020a: Assessment on linkages with other clusters related to chemicals and waste management and options to coordinate and cooperate on areas of common interest
- UNEP, 2020b: The Illegal Trade in Chemicals. UNEP and GRID-Arendal
- UNEP, 2021a: Making Peace with Nature: A scientific blueprint to tackle the climate, biodiversity and pollution emergencies
- UNEP, 2021b: Measuring Progress: Environment and the SDGs
- UNEP, 2021c: Planetary Action
- UNEP, 2022: Science-policy panel to contribute further to the sound management of chemicals and waste and to prevent pollution. UNEP/EA.5/Res.8
- UNEP-LPA, 2019: Global Alliance to Eliminate Lead Paint - Action Plan for 2019-2020
- UNEP-LPA, 2020: Update on the Global Status of Legal Limits on Lead in Paint December 2020.
- UNEP-MARC, 1980: Lead Pollution of the Global Environment
- UNEP-MARC, 1981: Health Effects of Methylmercury
- UNEP-MARC, 1982: Cadmium in the European Community: A Prospective Assessment of Sources, Human Exposure and Environmental Impact
- UNEP-PCFV, 2017: Clean fuels and vehicles - regulatory toolkit
- UNEP/GCO, 2019: Global Chemicals Outlook II: from legacies to innovative solutions
- UNEP/GMA, 2002: Global Mercury Assessment
- UNEP/GMA, 2008: Global (Atmospheric) Mercury Assessment: sources, emissions and transport
- UNEP/GMA, 2013: Global Mercury Assessment: sources, emissions, releases, and environmental transport
- UNEP/GMA, 2019: Global Mercury Assessment 2018 & Technical Background Report
- UNEP/TK, 2013: Toolkit for Identification and Quantification of Mercury Releases. UNEP, 338
- Ungváry Gy. (szerk.), 2006: Magyarország kémiai biztonsága. Magyar Üzemeg. Tud. Társ. (Chemical Safety in Hungary – Summary. Nemzeti Népegészségügyi Központ közleményei, XII:2, 77-131)
- UNIDO, 2013: UNIDO and Mercury
- UNWC, 1997: Convention on the Law of the Non-navigational Uses of International Watercourses
- US-Congress, 1974: OHM Incident Report #1040001 (Jan. 25, 1971)

- UWE, 2017: Tackling mercury pollution in the EU and worldwide. Science for Environment Policy, IR-15. Univ. West England
- Wängberg, I. et al., 2001: Atmospheric mercury distribution in Northern Europe and in the Mediterranean region. *Atmospheric Environment*, 35, 3019–3025
- WCED, 1987: Our Common Future. World Commission on Environment and Development, Oxford Univ. Press
- Weiss-Penzias, P. et al., 2007: Quantifying Asian and biomass burning sources of mercury using the Hg/CO ratio in pollution plumes observed at the Mount Bachelor Observatory. *Atmospheric Environment*, 41, 4366–4379
- WHO, 1969: Urban air pollution with particular reference to motor vehicles. Report of the WHO Expert Committee. TRS 410, 1-53
- WHO, 1976: Conference on intoxication due to alkylmercury-treated seed. Baghdad, 9-13 Sept. 1974. Introduction. Bull. WHO 53(Suppl.), 5-8
- WHO, 2003: Elemental mercury and inorganic mercury compounds. Concise Intern'l Chemical Assessment Doc. 50
- WHO, 2007: Health risks of heavy metals from long-range transboundary air pollution
- WHO, 2019: Preventing disease through healthy environments exposure to cadmium: a major public health concern. WHO/CED/PHE/EPE/19.4.3
- WHO, 2020: Global elimination of lead paint. Policy brief
- WHO, 2021: Report of the Informal Global WHO consultation with policymakers in dental public health. Monitoring country progress in phasing down the use of dental amalgam.
- WHO/IARC, 1976: Cadmium, Nickel, Some Epoxides, Miscellaneous Industrial Chemicals and General Considerations on Volatile Anaesthetics. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Man, vol. 11
- WHO/IPCS, 1976: Mercury. Environmental Health Criteria 1
- WHO/IPCS, 1977: Lead. Environmental Health Criteria 3
- WHO/IPCS, 1989: Mercury – Environmental Aspects. Environmental Health Criteria 86
- WHO/IPCS, 1990: Methylmercury. Environmental Health Criteria 101
- WHO/IPCS, 1992a: Cadmium. Environmental Health Criteria 134
- WHO/IPCS, 1992b: Cadmium - Environmental Aspects. Environmental Health Criteria 135
- WSSD, 2002: Johannesburg Plan of Implementation

2. fejezet: hivatkozások

- ADN, 2000, 2021: European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Inland Waterways
- ADR, 1957, 2020: European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road
- Akingbade, T., 1991: Nigeria: on the trail of the environment. Triple “E” Systems Associates Ltd. Lagos
- Almár I., 2004: Csúcsforgalom a geostacionárius pályán. *Híradástechnika*, LIX:5, 8-11.
- Alpers, Ch.N. et al., 2005: Mercury Contamination from Historical Gold Mining in California. USGS F.S. 2005-3014
- Andrade, C. et al., 2021: Thirty years since the circular economy concept emerged: has it reached a consensus. Université de recherche Paris Sciences et Lettres (PSL), Research Report, WP 2021-02-30
- Aoshima, K., 2016: Itai-itai disease: Renal tubular osteomalacia induced by environmental exposure to cadmium – historical review and perspectives. *Soil Science and Plant Nutrition*, 62:4, 319-326
- Atkins, P.R., 1972: The Pesticide Manufacturing Industry. Current Waste Treatment and Disposal Practices. Water Pollution Control Research Series. Project 12020 FYE 01/72, USEPA
- ATS, 1959, 1991: The Antarctic Treaty; Protocol on Environmental Protection (Antarctic Treaty System)
- ATS, 1994: Guidance for Visitors to the Antarctic. Antarctic Treaty Secretariat
- ATS, 2019: Manual of Regulations and Guidelines Relevant to Tourism and Non-Governmental Activities in Antarctica. Decision 6 (2019) - ATCM XLII - CEP XXII
- ATS-CEP, 2016: 25 Years of the Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty. Committee for Environmental Protection. Antarctic Treaty Secretariat
- ATS-Inspection, 1980: Report of the 1980 United States Antarctic inspection, Antarctic Treaty Secretariat
- ATS-Inspection, 2001: Report of the Norwegian Antarctic inspection, Antarctic Treaty Secretariat
- ATS-Inspection, 2016: Report of the Antarctic Treaty Inspections undertaken by the People's Republic of China, Antarctic Treaty Secretariat
- Ausubel, J.H., 1992: Industrial ecology: Reflections on a colloquium. *Proc. Nat'l Academy of Sci.* 89:3, 879-884
- Bachu, S. & W.D. Gunter, 2004: Acid-gas injection in the Alberta basin, Canada: CO₂-storage experience. In: Geological Storage of Carbon Dioxide (eds.: Baines, S.J. & Worden, R.H.). Geological Soc. Spec. Publ. 233, 225-234

- Barbier, E.B., 2010: A Global Green New Deal: Rethinking the Economic Recovery. Cambridge Univ. Press, UNEP
- BC, 1989: Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal
- BC/BBA, 1995: Amendment to the Basel Convention („Basel Ban”)
- BC/PLC, 1999: Basel Protocol on Liability and Compensation for Damage Resulting from Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal
- Bebb, J. & J. Kersey, 2003: Potential impacts of climate change on waste management. Environment Agency
- Blumer, M., G. Souza, J. Sass, 1970: Hydrocarbon pollution of edible shellfish by an oil spill. Woods Hole Oceanographic Institution
- Boulding, K., 1966: The Economics of the Coming Spaceship Earth. *Resources for the Future*, 1-14
- Both E., 2016: Interplanetáris kapzsiság. *Természet Világa*, 147:9, 386-388
- Carson, R., 1962: Silent Spring. Houghton Mifflin Company
- CBD, 2016: Addressing impacts of marine debris and anthropogenic underwater noise on marine and coastal biodiversity. Secretariat of the Convention on Biological Diversity
- Cebruceana, D. et al., 2014: CO₂ Capture and Storage from Fossil Fuel Power Plants. *Energy Procedia*, 63, 18-26
- CHS, 1958: Convention on the High Seas
- CIEL, 2019: Plastic and health. Center for International Environmental Law
- Clapp, J., 1997: The Illicit Trade in Hazardous Wastes and CFCs: International Responses to Environmental 'Bads'. *Trends in Organized Crime*, 3:2, 14-18
- CLRTAP/HM, 1998: Protocol on long-range transboundary air pollution on heavy metals
- CLRTAP/POP, 1998: Protocol on long-range transboundary air pollution on persistent organic pollutants
- CMS, 2011: Marine Debris. UNEP/CMS/Resolution 10.4
- Comolli, V., 2021: Plastic for profit. Tracing illicit plastic waste flows, supply chains and actors. The Global Initiative Against Transnational Organized Crime
- Conforti, B., 1986: Territorial Claims in Antarctica: A Modern Way to Deal with an Old Problem. *Cornell International Law Journal*, 19:2, 249-258
- Costanza, R. et al., 1991: Goals, Agenda, and Policy Recommendations for Ecological Economics. In: Ecological Economics: The Science and Management of Sustainability (ed.: R. Costanza). Columbia Univ. Press, 1-20
- Costanza, R., 1991: Ecological Economics: a Research Agenda. *Structural Change and Economic Dynamics*, 2:2, 335-357
- Cotta, B., 2020: What goes around, comes around? Access and allocation problems in Global North–South waste trade. *Env. Agreements*, 20, 255-269
- Cousteau, J., 1971: Statement. International Conference on Ocean Pollution. U.S. Senate, Oct. 18, Nov. 8, 1971
- COWI, 2002: Heavy Metals in Waste. Final Report, ENV.E.3/ETU/2000/0058
- Csatlós E., 2009: Olajszennyezés az Arktiszon - a felelősség rendezése nemzeti és nemzetközi síkon. *Acta Universitatis Szegediensis*, 9:1-14. 43-70
- Dabrowska, J. et al., 2021: Marine Waste-Sources, Fate, Risks, Challenges and Research Needs. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 18:2, 433
- d'Amato, D. et al., 2017: Green, circular, bio economy: A comparative analysis of sustainability avenues. *Journal of Cleaner Production*, 168:1, 716-734
- Darvas B., 2006: Bioakkumuláció és biomagnifikáció. Mutagének az agrokemizálás gyakorlatában. In: Darvas B. és Székács A. (szerk.): Mezőgazdasági ökotoxikológia. l'Harmattan, 294-303, 158-169
- Diggle, A. & T.R. Walker, 2022: Environmental and Economic Impacts of Mismanaged Plastics and Measures for Mitigation. *Environments*, 9, 15
- EC, 2014: Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe. European Commission
- EC, 2015: COM(2015) 614 / Európai Bizottság, 2015: Az anyagkörü forgás megvalósítása – a körforgásos gazdaságra vonatkozó uniós cselekvési terv. COM(2015) 614
- EC, 2018: A European Strategy for Plastics in a Circular Economy. European Commission, COM(2018) 28
- EEC, 1984: Council Directive 84/631/EEC on the supervision and control within the European Community of the transfrontier shipment of hazardous waste
- El-Shahawi, M.S. et al., 2010: An overview on the accumulation, distribution, transformations, toxicity and analytical methods for the monitoring of persistent organic pollutants. *Talanta*, 80:5, 1587-1597
- EMF, 2012: Towards the Circular Economy, vol. 1: Economic and business rationale for a circular economy. The Ellen MacArthur Foundation
- ESA, 2019: Annual Space Environment Report. ESA, Space Debris Office
- ESA, 2021: ESA's Annual Space Environment Report. ESA, Space Debris Office

- Eskenazi, B. et al., 2018: The Seveso accident: A look at 40 years of health research and beyond. *Env. Int.*, 121, 71-84
- EU/REACH, 2006: 1907/2006/EK Rendelet a vegyi anyagok regisztrálásáról, értékeléséről, engedélyezéséről és korlátozásáról
- EU/RoHS, 2011: 2011/65/EU Irányelv egyes veszélyes anyagok elektromos és elektronikus berendezésekben való alkalmazásának korlátozásáról
- Európai Parlament, 2006: A veszélyes hulladékok afrikai exportja. EP-állásfoglalás (P6_TA(2006)0457). *Az EU Hivatalos Lapja*, C 313 E, 432-434
- FAO & WHO, 1965: Evaluation of the toxicity of pesticide residues in food. FAO PL/1965/10, WHO/F.A./26.65
- FAO, 1985: International Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticides
- Faragó T., 2012: A fenntartható fejlődéssel foglalkozó nemzetközi együttműködés négy évtizede. *Külügyi Szemle*, 11:3, 189-211 <http://real.mtak.hu/62578/>
- Faragó T., 2013: A globálisan növekvő hulladékmennyiség és a kezelésére irányuló nemzetközi törekvések. *Ipari Ökológia*, 2:1, 43-76. <http://real.mtak.hu/62439/>
- Faragó T., 2018: Környezettudomány és szkepticizmus: környezeti kibocsátások káros hatásainak felismerése és elismerése. *Magyar Tudomány*, 179:9, 1289-1303. <http://real.mtak.hu/84077/>
- Faragó T., 2019: Éghajlatváltozás és klímapolitika. *InGreen*, 4:1, 24-27. o. <http://real.mtak.hu/103221/>
- Farrington, J.W., 1985: A Decade of Research and Monitoring. National Academy Press
- Felsot, A.S. et al., 2003: Disposal and Degradation of Pesticide Waste. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. 177, 123-200
- Fiedler, H. et al., 1990: Dioxins: Sources of Environmental Load and Human Exposure. *Toxic. Env. Chem.* 29, 157-234
- Fiedler, H., 1996: Sources of PCDD/PCDF and impact on the environment. *Chemosphere*, 32:1, 55-64
- Fischer-Kowalski, M. & J. Rotmans, 2009: Conceptualizing, observing, and influencing social-ecological transitions. *Ecology and Society*, 14:2, 3, 18 p.
- Fogarassy Cs. & Horváth B., 2018: A körkörös gazdaság értelmezése. *Lépések*, 23:2, 4-5
- Gabor D. et al., 1976: Beyond the Age of Waste. A Report to the Club of Rome. Pergamon Press (2nd ed.: 1978)
- Gabrielli, P. et al., 2020: The Role of Carbon Capture and Utilization, Carbon Capture and Storage, and Biomass to Enable a Net-Zero-CO₂ Emissions Chemical Industry. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 59:15, 7033-7045
- Galieriková, A., et al., 2021: Study of maritime accidents with hazardous substances involved: comparison of HNS and oil behaviours in marine environment. *Transportation Research Procedia*, 55, 1050-1064
- GBP, 2013: Identifying and Managing Risks from Organisms Carried in Ships' Ballast Water. GloBallast Monograph Series No.21
- Geisz, H.N., 2004: Persistent Organic Pollutants. US-EPA
- Gil, I. & C. Sinfort, 2005: Emission of pesticides to the air during sprayer application: A bibliographic review. *Atmospheric Environment*, 39:28, 5183-5193
- Görg, Ch. et al., 2020: Scrutinizing the Great Acceleration: The Anthropocene and its analytic challenges for social-ecological transformations. *The Anthropocene Review*, 7:1, 42-61
- Gröndahl, F. et al., 2009: Survey of waste water disposal practices at Antarctic research stations. *Polar Res.*, 28:2, 298-306
- Gubek I., 2016: A tengerek és óceánok műanyag szennyezésének komplex hatása. 1.rész: A probléma bemutatása. *Természetvédelmi Közlemények*, 22, 33-61
- Hackmann, J., 1994: International trade in waste materials. *Intereconomics*, 29:6, 292-302
- Hanson, C., 2019: Countries' Climate Plans (NDCs) Are Missing a Big Opportunity: Reducing Food Loss and Waste. WRI
- Harada, M., 1972: Minamata Disease. Kumamoto Nichinichi Shinbun Centre & Inf. Center/Iwanami Shoten Publishers
- Hardin, G., 1968: The Tragedy of the Commons. *Science*, 162:3859, 1243-1248
- Haszeldine, R.S. et al., 2018: Negative emissions technologies and carbon capture and storage to achieve the Paris Agreement commitments. *Phil. Trans. R. Soc. A* 376: 20160447
- Herz, M. & J. Davis, 2002: Cruise control. The Ocean Conservancy
- Heyerdahl, Th., 1971: Statement. International Conference on Ocean Pollution. U.S. Senate, Oct. 18, Nov. 8, 1971
- IADC, 2019: Support to the IADC Space Debris Mitigation Guidelines
- IAEA, 1999: Inventory of radioactive waste disposals at sea. IAEA-TECDOC-1105
- IATA/DGR, 1953; 2022: Dangerous Goods Regulations
- ILZSG, 2020: Metals Despatch, Jan 2020
- IMO/IMDGC, 1965; 2020: International Maritime Dangerous Goods Code
- IMO, 2016: The London Protocol – What it is and why it is needed. IMO

- Interpol, 2020: Emerging criminal trends in the global plastic waste market since January 2018
- IPCC, 1990, 1995, 2007, 2014: First, Second, Fourth, Fifth Assessment Reports. Intergov'l Panel on Climate Change
- IPCC, 2005: Special Report: Carbon Dioxide Capture and Storage. IPCC
- IPCC, 2006: Guidelines for national greenhouse gas inventories – overview. IPCC
- IPCC/WG-III, 2014: Mitigation of Climate Change (Climate Change 2014), IPCC
- IPCC, 2018: Global warming of 1.5°C. IPCC
- IRP, 2010: Assessing the Environmental Impacts of Consumption and Production: Priority Products and Materials. International Resource Panel
- ITOPF, 2022: Oil Tanker Spill Statistics 2021
- IUCN-UNEP-WWF, 1991: Caring for the Earth. Earthscan (Magyar változat: Földünkért. Az élet fenntartásának stratégiája, 1992, Aqua)
- IUCN, 2014: Plastic debris in the ocean
- Jacobs, M., 2013: Green Growth. in: The Handbook of Global Climate and Environment Policy (ed.: R. Falkner), J. Wiley & Sons, Ltd., Publ., 197-214
- Jansen, S., 2000: Chemical-Warfare Techniques for Insect Control: Insect 'Pests' in Germany Before and After World War I. *Endeavour*, 24, 28–33
- Kaza, S. et al, 2018: What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050, World Bank Group
- Kelso, G.R. et al., 1975: A Study of the Efficiency of the Use of Pesticides in Agriculture: Final Report - Volume II. MRI-Report, US EPA
- Kerekes S., 1998: A környezetgazdaságtan alapjai. (2. bőv. kiadás: Aula K., 2007)
- Kerényi A., 1995: Általános környezetvédelem. Mozaik
- Kessler, D.J. & B.G. Cour-Palais, 1978: Collision frequency of artificial satellites: The creation of a debris belt. *JGR – Space Physics*, 83:A6, 2637-2646
- Kessler, D.J., 1991: Collisional Cascading: the Limits of Population Growth in Low Earth Orbit. *Adv. Space. Res.*, 11-12, (12)63-(12)66
- Kiss K., 2010: A környezetvédelmi intézkedések szerepe a gazdaság stabilizálásában válság idején – nemzetközi kitekintés. Lélegzet Alapítvány
- Koboevic, Ž. et al., 2022: Analysis of Sea Pollution by Sewage from Vessels. *Sustainability*, 14 (263), 1-21
- Krausmann, F. et al., 2018: From resource extraction to outflows of wastes and emissions: The socioeconomic metabolism of the global economy, 1900–2015. *Global Environmental Change*, 52, 131–140
- Kummer, K., 1994: Transboundary Movements of Hazardous Wastes at the Interface of Environment and Trade. UNEP
- Lagadec, P., 1984: L'affaire des 41 fûts de déchets de Seveso. Service de l'Environnement Industriel, Tome 2
- Lange, E. et al. (eds.), 2014: World Ocean Review. Marine Resources – Opportunities and Risks. Maribus
- Lau, W.Y. et al., 2020: Evaluating scenarios toward zero plastic pollution. *Science*, 369:6510, 1455-1461
- Law, K.L. et al., 2014: Distribution of Surface Plastic Debris in the Eastern Pacific Ocean from an 11-Year Data Set. *Environ. Sci. Technol.* 48:9, 4732–4738
- LC, 1972: London Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter
- LC/LP, 1996: London Protocol to the London Convention
- Leous, J.P. & N.B. Parry, 2005: Who is Responsible for Marine Debris? The International Politics of Cleaning Our Oceans. *Journal of International Affairs*, 59:1, 257–269
- Lesage, G. & M. Cretin, 2015: Persistent Organic Pollution. In: Encyclopedia of Membranes, 1-2
- Lipman, Z., 2002: A Dirty Dilemma - The Hazardous Waste Trade. *Harvard International Review*, 23:4, 67-71
- Lipnick, R.L. & D.C. Muir, 2001: History of Persistent, Bioaccumulative, and Toxic Chemicals. In: Persistent, Bioaccumulative and Toxic Chemicals I. (eds.: R. L. Lipnick et al.) American Chemical Society, 772, 1–12
- MARPOL, 1973: International Convention for the Prevention of Pollution from Ships
- MARPOL/MP, 1978: Protocol to the MARPOL Convention
- Matthies, M. et al., 2016: The origin and evolution of assessment criteria for persistent, bioaccumulative and toxic (PBT) chemicals and persistent organic pollutants (POPs). *Env. Science: Processes and Impacts*. 18, 1114-1128
- Maximenko, N. et al, 2019: Toward the Integrated Marine Debris Observing System. *Frontiers in Marine Science*
- McDonough, W. & M. Braungart, 2002: Cradle To Cradle: Remaking The Way We Make Things. North Point Press
- McIvor, E., 2019: Clean-up of past waste disposal sites and abandoned work sites in Antarctica. ATS/CEP-XXII
- MCM, 2013: Minamata Convention on Mercury
- Meadows, D.H. et al., 1972: The Limits of Growth. Universe Books
- Milinki É., 2013: Ökotoxikológia és környezetvédelem. Eszterházy Károly Főiskola

- Molnár Á., 2017: Oláh György munkássága a Nobel-díj utáni években. *Magyar Kémiai Folyóirat*, 123:4, 203-209
- Monni, S. et al., 2008: Global climate change mitigation scenarios for solid waste management. VTT
- Moon, 1979: Agreement on Control of the Activities of States on the Moon and Other Celestial Bodies (Moon Treaty)
- Moore, Ch. & C. Phillips, 1997: Plastic Ocean: how a sea captain's chance discovery launched a determined quest to save the oceans. Avery
- Moore, Ch., 2003: Trashed Across the Pacific Ocean, Plastics Everywhere. *Natural History*, 112:9, 46-51
- Moore, N.W., 1967: Organochlorine Insecticides and Wildlife Populations. *Proc. R. Soc. Med.*, 60, 23-24
- MRC, 2012: Carriage, handling and storage of dangerous goods along the Mekong river. Navigation Programme. Mekong River Commission
- MRC, 2020: Cadmium: 2020 World Market Review and Forecast to 2029. Merchant Research and Consulting
- Muñoz-Patchen, Ch., 2018: Regulating the Space Commons: Treating Space Debris as Abandoned Property in Violation of the Outer Space Treaty. *Chicago Journal of International Law*. 19:1, 233-259
- Nagy Á.A. et al., 2021: Úton a körforgásos gazdaság felé. *Közgazdasági Szemle*, LXVIII, 1109–1129
- Needleman, H., 2000: The Removal of Lead from Gasoline: Historical and Personal Reflections. *Env. Res.*, A, 84, 20-35
- NOAA, 2020: Space Trash and Satellites
- OECD, 1984: Decision-Recommendation of the Council on Transfrontier Movements of Hazardous Waste. C(83)180/FINAL
- OECD, 2009: Green Growth - Overcoming the Crisis and Beyond
- OECD, 2017: Mapping support for primary and secondary metal production. OECD Working Party on Resource Productivity and Waste
- OECD, 2022a: Global Plastics Outlook. Economic Drivers, Environmental Impacts and Policy Options. Policy highlights
- OECD, 2022b: Global Plastics Outlook: Policy Scenarios to 2060. Policy highlights
- Olson, P.H., 1994. Handling of waste in ports. *Marine pollution bulletin*, 29:6-12, 284-295
- OSPAR, 1992: Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic (OSPAR Convention)
- OSPAR, 2007: Pilot Project on Monitoring Marine Beach Litter. Monitoring of marine litter in the OSPAR region. OSPAR Commission
- OSPAR, 2010: Marine litter in the North-East Atlantic Region. OSPAR Commission
- OST, 1967: Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, Including the Moon and Other Celestial Bodies (Outer Space Treaty)
- OTIF/RID, 1980; 2021: Regulations concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail
- Packard, V., 1960: The Waste Makers. Longmans
- Pápay J., 2011: A szén-dioxid visszasajtolásának tapasztalatai az olajipar területén. *Magyar Tudomány*, 172:4, 444-449
- Pearce, D.W. et al., 1989: Blueprint for a Green Economy. Earthscan
- Pearce, D.W. & R.K. Turner, 1990: Economics of natural resources and the environment. J. Hopkins Univ. Press
- Pearce, D.W., 1992: Green economics. *Environmental Values*, 1:1, 3–13
- Pomázi I. & Szabó E., 2018: A körforgásos gazdaságra való áttérés folyamatának egyes jellemzői a visegrádi országokban. *Külügyi Szemle*, 17:4, 80-102
- Preston, F., 2012: A global redesign. Shaping the circular economy. Chatham House: The Royal Inst. of Intern'l Affairs
- Purnell, K., 2009: Are HNS spills more dangerous than oil spills? White Paper (Interspill Conf., Marseille, May 2009)
- Rácz L., 2018: Birth and development of the circular economy concept – some facts. *Körforgásos gazdaság és környezetvédelem*, 2:1, 21-30
- Rakonczi J., 2019: Global and Geopolitical Environmental Challenges. Corvinus Univ., GEO Institute
- Ritter, L. et al., 1995: A review of selected persistent organic pollutants. IPCS/WHO
- Rodriguez-Eugenio, N. et al., 2018: Soil Pollution: a hidden reality. FAO
- Rogers, J.A., 1976: Ocean Dumping. *Environmental Law*, 7:1, 1-23
- Ross, K., 2018: Strengthening Nationally Determined Contributions to Catalyze Actions That Reduce Short-Lived Climate Pollutants. WRI, OXFAM
- Rucevska I. et al., 2015: Waste Crime – Waste Risks: Gaps in Meeting the Global Waste Challenge. UNEP, GRID-Arendal
- Russell, E., 2001: War and Nature: Fighting Humans and Insects with Chemicals from World War I to Silent Spring. Cambridge University Press
- SAICM, 2006: Strategic Approach to International Chemicals Management

- SAICM, 2020: Assessment on linkages with other clusters related to chemicals and waste management and options to coordinate and cooperate on areas of common interest. SAICM/IP.4/INF/3
- Sanchez, R.A., 1990: Health and Environmental Risks of the Maquiladora in Mexicali. *Natural Resources Journal*, 30:1, 163-186
- Savinova, T.N. et al., 1995: Chemical Pollution in the Arctic and Sub-Arctic Marine Ecosystems: an Overview of Current Knowledge. Norsk Institutt for Naturforskning
- SC, 2001: Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants
- Schmidt, Ch. et al., 2017: Export of Plastic Debris by Rivers into the Sea. *Env. Science & Techn.* 51:21, 12246-12253
- SEI, 1998: Bending the Curve: Toward Global Sustainability. A report of the Global Scenario Group (eds.: P. Raskin et al.). Stockholm Environment Institute
- Sgouridis, S. et al., 2019: Comparative net energy analysis of renewable electricity and carbon capture and storage. *Nature Energy*. 4:6, 456-465
- Simai M., 2001: Zöldebb lesz a világ? Akadémiai Kiadó
- Singh, P. et al., 2020: Study of current scenario & removal methods of space debris. *International J. of Mechanical and Production Engineering, Research and Development*, 10, 223–236
- Sirleaf, M.V.S., 2019: Prosecuting Dirty Dumping in Africa. In: The African Court of Justice and Human and Peoples' Rights in Context (eds.: Ch. C. Jalloh et al.). Cambridge Univ. Press, 553-589
- SLC, 1971: Convention on International Liability for Damage Caused by Space Objects
- SOLAS, 1974: International Convention for the Safety of Life at Sea (Protocols: 1978, 1988)
- Solnit, R., 2006: Winged Mercury and the Golden Calf. *Orion Magazine*, Sept/Oct 2006
- Stahel, W.R., 2006: The Performance Economy. Palgrave Macmillan
- Stark, J.S. et al., 2006: Abandoned Antarctic waste disposal sites: Monitoring remediation outcomes and limitations at Casey Station. *Ecological Management and Restoration*. 7:1, 21-31
- Tihanyi L. & Csete J., 2012: A CO₂ lánc – CO₂ leválasztása, szállítása és tárolása. *Műszaki Földtudományi Közlemények*, 83:1, 221–235
- Tilley, E. et al., 2014: Compendium of Sanitation Systems and Technologies. Swiss Fed. Inst. of Aquatic Sci. & Techn.
- Tin, T. et al., 2009: Impacts of local human activities on the Antarctic environment. *Antarctic Science*. 21:1, 3–33
- Tornero, V. & G. Hanke, 2016: Chemical contaminants entering the marine environment from sea-based sources: A review with a focus on European seas. *Marine Pollution Bulletin*. 112:1-2, 17-38
- Torky, M., et al, 2019: Analyzing Space Debris Flux and Predicting Satellites Collision Probability in LEO Orbits Based on Petri Nets. *IEEE-Access*, 2019:7, 83461-83477
- Truhaut, R., 1975: Ecotoxicology, a new branch of toxicology. In: Ecological toxicology research. Plenum Press, 3-23
- Tsakona, M. et al., 2021: Drowning in Plastics – Marine Litter and Plastic Waste Vital Graphics. UNEP
- UN, 1972: Stockholm Declaration, Action Plan. In: Report of the UN Conference on the Human Environment
- UN, 1979: Agreement Governing the Activities of States on the Moon and Other Celestial Bodies
- UN, 1992: Agenda 21: The United Nations Programme of Action from Rio (UN Conference on Environment and Development, UNCED)
- UN, 1997: Programme of Further Implementation of Agenda 21 (UNGA Special Session, UNGASS), A/RES/S-19/2
- UN, 2002: Johannesburg Plan of Implementation (World Summit on Sustainable Development, WSSD)
- UN, 2012: The Future We Want (UN Conference on Sustainable Development, UNCSD), A/RES/66/288
- UN, 2015: Transforming Our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development (UN Sustainable Development Summit, UNSDS)
- UN, 2021: Oceans and the law of the sea. A/RES/76/72
- UN/10YFP 2012, 10-Year Framework of Programmes on Sustainable Consumption and Production. UN A/CONF.216/5 (UN Res. 66/288)
- UN/10YFP, 2021: Progress report on the 10-Year Framework of Programmes on Sustainable Consumption and Production Patterns. Note by the Secretary-General. E/2021/56
- UN/DESA, 2021: The Sustainable Development Goals Report 2021. UN Department of Economic and Social Affairs
- UNCLOS, 1982: United Nations Convention on the Law of the Sea
- UNCOPUOS, 2010: UN Space Debris Mitigation Guidelines
- UNCOPUOS, 2019: Guidelines for the Long-term Sustainability of Outer Space Activities of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space
- UNECE, 2004: Clearing the Air – 25 years of the Convention on LRTAP. ECE/EB.AIR/84
- UNEP, 1973: Action Plan for the human environment: programme development and priorities. UNEP/GC/5

- UNEP, 1987: Cairo Guidelines and Principles for the Environmentally Sound Management and Disposal of Hazardous Wastes, UNEP/GC.14/17
- UNEP, 1995: Persistent Organic Pollutants. UNEP/GC.18/Dec.32
- UNEP, 1999: Dioxin and Furan Inventories. IOMC - UNEP Chemicals
- UNEP, 2002: Report of the Global Mercury Assessment Working Group. UNEP/GC.22/INF/2
- UNEP, 2006: Circular Economy - An alternative for economic development. UNEP-DTIE
- UNEP, 2010: Waste and climate change
- UNEP, 2011: Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication
- UNEP, 2014: UNEA Resolution 1/6 Marine plastic debris and microplastics
- UNEP, 2016: Marine plastic debris and microplastics. Global lessons and research to inspire action and guide policy change
- UNEP, 2017: Marine litter and microplastic. UNEP/EA.3/Res.7
- UNEP, 2020: The Illegal Trade in Chemicals. UNEP and GRID-Arendal
- UNEP, 2021: From pollution to solution. A global assessment of marine litter and plastic pollution.
- UNEP, 2022: End plastic pollution: Towards an international legally binding instrument. UNEP/EA5/Res.14
- UNEP/CHW, 2019: Report of the Conference of the Parties to the Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal on the work of its fourteenth meeting. UNEP/CHW.14/28
- UNEP/GCO, 2019: Global Chemicals Outlook II: from legacies to innovative solutions
- UNEP/GEO, 1997: Global Environment Outlook (GEO-1)
- UNEP/GEO, 2020: Global Environment Outlook (GEO-6)
- UNEP/GMA, 2002: Global Mercury Assessment
- UNEP/GPA-LbA, 1995: Global Programme of Action for the Protection of the Marine Environment from Land-based Activities, UNEP
- UNEP/GPA-LbA, 2005: Marine Litter: An Analytical Overview, UNEP
- UNEP/GPA-LbA, 2009: Marine Litter: A global challenge. The Ocean Conservancy, UNEP
- UNEP/IRPTC, 1992: Chemical pollution: a global overview
- UNEP/POP, 2017: Second global monitoring report. UNEP/POPS/COP8/INF/38
- UNEP/POP, 2019: UNEP/POP, 2019: Report on progress towards the elimination of polychlorinated biphenyls. UNEP/POPS/COP.9/INF/10
- UNEP/POP, 2021: Report of the DDT expert group on the assessment of the production and use of DDT and its alternatives for disease vector control. UNEP/POPS/COP.10/INF/9, Annex I
- UNEP/GWMO, 2015: Global Waste Management Outlook
- UNFCCC, 1992: UN Framework Convention on Climate Change
- UNFCCC, 2006: Updated UNFCCC reporting guidelines on annual inventories
- UNFCCC, 2016: Aggregate effect of the intended nationally determined contributions: an update. Synthesis report. FCCC/CP/2016/2
- UNFCCC, 2017: National Greenhouse Gas Inventory Data for the Period 1990–2015
- UNFCCC/KP, 1997: Kyoto Protocol to the UNFCCC
- UNFCCC/PA, 2015: Paris Agreement to the UNFCCC
- UN/GSDR, 2019: Global Sustainable Development Report
- UNEP-IOC, 2009: Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter. UNEP Regional Seas Reports and Studies, No. 186; IOC Technical Series No. 83
- UNOOSA, 2019: Annual Report 2019, United Nations Office for Outer Space Affairs
- UNSG, 1968: Activities of UN Organizations and Programmes relevant to the Human Environment. Report of the Secretary-General, E/4553
- UNSG, 2010, Progress to date and remaining gaps in the implementation of the outcomes of the major summits in the area of sustainable development, as well as an analysis of the themes of the Conference. Report of the Secretary-General, A/CONF.216/PC/2
- Vallette, J. & H. Spalding H. (eds), 1990: The International Trade in Wastes. Greenpeace
- van Ewijk, S. & W. McDowall, 2020: Diffusion of flue gas desulfurization reveals barriers and opportunities for carbon capture and storage. *Nat Commun.* 11, 4298
- Valverde, J-M. & C. Avilés-Palacios, 2021: Circular Economy as a Catalyst for Progress towards the Sustainable Development Goals: A Positive Relationship between Two Self-Sufficient Variables. *Sustainability*, 13, 12652
- Varga M., 2009: Tankerbaletsek a tengereken. In: *Vízkonfliktusok – Küzdelem egy pohár vízért* (szerk.: Glied V.). Publikon Kiadó, 217-237
- Vesseron, P., 1990: The case of the Seveso waste drums, 1982-1983. In: *States of Emergency – Technological Failures and Social Destabilization* (ed.: P Lagadec). Butterworth-Heinemann, London, 90-106
- Victor, P. A., 1972: *Pollution – Economy and Environment*. University of Toronto Press (2018 ed.: Routledge)

- Vu, H-N. Q., 1994: The Law of Treaties and the Export of Hazardous Waste. *UCLA Journal of Environmental Law and Policy*, 12:2, 389-434
- Ward, B. & R. Dubos, 1972: Only One Earth. Penguin; Ward, B. & R. Dubos, 1975: Csak egyetlen Föld van. KJK
- Wautelet, Th., 2018: The Concept of Circular Economy: its Origins and its Evolution. Positive ImpaKT
- WB, 2012: Inclusive Green Growth. The Pathway to Sustainable Development. World Bank
- WCED, 1987: Our Common Future. World Commission on Environment and Development
- WHO, 1976: Conference on intoxication due to alkylmercury-treated seed. Baghdad, 9-13 Sept. 1974, WHO Bull. 53(Suppl.), 105-112
- WHO/IARC, 2019: Aldrin and Dieldrin. Pentachlorophenol and some related compounds, Vol. 117, International Agency for Research on Cancer
- WHO/IPCS, 1996: Users' manual for the IPCS health and safety guides. (Chapter 4: 4.6. Disposal)
- WHO & FAO, 2019: Global situation of pesticide management in agriculture and public health. Report of a 2018 WHO-FAO survey
- Worrell, W.A. & P.A. Vesilind, 2012: Solid Waste Engineering. Cengage Learning (Stanford, CA)
- Young, J.E., 1991: Kevesebb szemét – megmentett anyag. In: A világ helyzete (szerk.: L.R.Brown), Föld Napja A., 42-59. (Eredeti: The State of the World. Worldwatch Institute, W.W.Norton and Co.)
- Zakkour, P., 2007: Choices for regulating CO₂ capture and storage in the EU. ERM

3. fejezet: hivatkozások

- Allaby, M., 1979: Environment. In: 1979 Britannica Book of the Year. Encyclopaedia Britannica
- Allen, R.M., 1976: Legal and Environmental Ramifications of the Concorde. *J. Air L. & Com.*, 42:2, 433-446
- Amos, M. et al., 2020: Projecting ozone hole recovery using an ensemble of chemistry-climate models weighted by model performance and independence. *Atmos. Chem. Phys.*, 20, 9961-9977
- Andersen, S.O. & K.M. Sarma, 2002: Protecting the Ozone Layer: The United Nations History. Routledge
- Andrews, Th., 1856: On the constitution and properties of ozone. *Phil. Trans. R. Soc.*, 146: 1-13
- Andrews, Th., 1874: Ozone. *Nature* (Mar. 5, 1874), 347-349
- Antal Z. (szerk.), 2016: A napsugárzás szerepe a társadalom életében. Argumentum
- Bates, D.R. & M. Nicolet, 1950: The photochemistry of atmospheric water vapour. *J. Geophys. Res.*, 55:3, 301-327
- Bencze P., 1991: Az ózon koncentrációjának kialakulása a középső légkörben. *Időjárás*, 95:2-3, 77-93
- Benedick, R.E., 1989: Ozone diplomacy. Issues in Science and Technology, 6:1, 43-50
- Béll B. & Bucsy J., 1970: Az aerológia rövid története hazánkban. *Légkör*, XV/1, 12-19
- Birmipili, T., 2018: Montreal Protocol at 30: the governance structure, the evolution, and the Kigali Amendment. *Comptes Rendus Geosci.*, 350, 425-431
- Bojkov, R.D., 1982: Ad Hoc Working Group of Legal and Technical Experts for the Elaboration of a Global Framework Convention for the Protection of the Ozone Layer. *Environmental Conservation*, 9:4, 359
- Bolin, B., 2007: A History of the Science and Politics of Climate Change. The Role of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge Univ. Press
- Borbély E., 1966: Ózonmérések megindulása Magyarországon. *Légkör*, XI/4, 79-82
- Borbély E., 1977: A teljes ózontartalom trendjének változása Európában. *Időjárás*, 81, 94-99
- Bozó L., 1991: A sztratoszférikus ózon térbeli eloszlása. *Időjárás*, 95/2-3, 101-105
- CEC, 1980: Chlorofluorocarbons on the environment. Commission of the European Communities, COM(80)339 final (16 June 1980)
- Chapman, S., 1930: A Theory of Upper-Atmospheric Ozone. *Memoirs of the Royal Meteorol. Society*, 3:26, 103-125
- CLRTAP, 1979: Convention on Long-range Transboundary Air Pollution
- CoE, 1980: Prohibition of the use of chlorofluorocarbons and on other measures to preserve the ozone layer. Resolution 733 (1980), Parliamentary Assembly, Council of Europe
- Crutzen, P.J., 1969: Determination of parameters appearing in the “dry” and the “wet” photochemical theories for ozone in the stratosphere. *Tellus*, 21:3, 368-388
- Crutzen, P.J., 1970: The influence of nitrogen oxides on the atmospheric ozone content. *Q.J.R. Met. Soc.* 96, 320-325
- Crutzen, P.J., 1971: Ozone production rates in an oxygen-hydrogen-nitrogen oxide atmosphere. *J. Geophys. Res.* 76, 7311-7327
- Crutzen, P.J., 1979: The role of NO and NO₂ in the chemistry of the troposphere and stratosphere. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, 7, 443-472
- Crutzen, P.J., 1995: My life with O₃, NO_x and other YZO_xs. In: „Nobel Lectures, Chemistry 1991-1995” (ed.: Bo G. Malmström, World Scientific Publishing Co., Singapore, 1997), 189-242
- CSCE, 1975: Final Act. Conference on Security and Co-Operation in Europe, Helsinki

- Dhomse, S.S. et al, 2019: Delay in recovery of the Antarctic ozone hole from unexpected CFC-11 emissions. *Nat. Commun.*, 10, 1-12
- Dobó L., Lotz T., Pálos E., 1998: Az ózonréteget károsító anyagok felhasználásának kiküszöbölése Magyarországon. Környezetvédelmi Minisztérium
- Dobson, G.M.B. & D.N. Harrison, 1926: Measurements of the amount of ozone in the Earth's atmosphere and its relation to other geophysical conditions. *Proc. Phys. Soc. London*, Ser. A, (110) 756, 660-693
- Dobson, G.M.B, 1968: Forty Years' Research on Atmospheric Ozone at Oxford: a History. *Appl. Optics*, 7:3, 388-405
- Doolittle, D.M., 1989: Underestimating Ozone Depletion: The Meandering Road to the Montreal Protocol and Beyond. *Ecology Law Quarterly*, 16:2, 407-441
- Downing, T.E. & R.W. Kates, 1982: The International Response to the Threat of Chlorofluorocarbon to Atmospheric Ozone. *The American Econ. Review*, 72:2, 267-272
- Dütsch, H.U., 1974: The Ozone Distribution in the Atmosphere. *Can. J. Chem.*, 52, 1491-1504
- EEC, 1978: Social and Economic Implications of Controlling the Use of Chlorofluorocarbons in the EEC. (Kendall, P.M.H. et al.), European Economic Community
- EEC, 1980: Decision 80/372 /EEC concerning chlorofluorocarbons in the environment. Council of the European Communities
- Engfeldt, L-G., 2009: From Stockholm to Johannesburg and beyond. Swedish Ministry of Foreign Affairs
- Fabry, Ch. & H. Buisson, 1913: L'absorption de l'ultra-violet par l'ozone et la limite du spectre solaire. *J. de Physique*, série 5, t. III, 196-206
- Faragó T., 2001: A földi környezet változása: tudomány és politika. In: Környezetvédelmi kihívások. Info-Társadalomtudomány, 52. szám, Országgyűlési Könyvtár, 15–22. <http://real.mtak.hu/62452/>
- Faragó T., 2002: Magyarország részvétele a nemzetközi környezetvédelmi együttműködésben. Országos Környezetvédelmi Tanács – MTA Szoc. Kut. Int., 44 o. <http://real.mtak.hu/65635/>
- Faragó T., 2012: International environmental and development policy cooperation and the transition process of the Central and Eastern European countries. Grotius, <http://real.mtak.hu/62454/>
- Faragó T., 2016: The anthropogenic climate change hazard: role of precedents and the increasing science-policy gap. *Időjárás*, 120:1, 1–40. <http://real.mtak.hu/60726>
- Faragó T., 2017: Az ózonréteg megmentése: egy globális környezeti áttérhelés évfordulóí és tanulságai. *Magyar Tudomány*, 178:9, 1105–1113. <http://real.mtak.hu/62024/>
- Faragó T., 2018: Környezettudomány és szkepticizmus: környezeti kibocsátások káros hatásainak felismerése és elismerése. *Magyar Tudomány*, 179:9, 1289–1303. <http://real.mtak.hu/84077/>
- Farries, T.C., 1990: Clearing the air: an examination of international law on the protection of the ozone layer. *Alberta Law Review*, XXVIII:4, 818-844
- Farman, J.C. et al., 1985: Large Losses of Total Ozone in Antarctica Reveal Seasonal ClOx/NOx Interaction. *Nature*, 315, 207–210
- Gilet, C., 2007: Ozone depletion: Uncovering the hidden hazard of hairspray. Univ. of California
- GORMP, 1985: Atmospheric ozone 1985: assessment of our understanding of the processes controlling its present distribution and change: Volume 1. Global Ozone Research and Monitoring Project Report 16 (WMO, UNEP, NASA, FAA, NOAA, CEC, BFT)
- GORMP, 1989: Scientific assessment of stratospheric ozone: 1989. Global Ozone Research and Monitoring Project Report 20 (NASA, UK/DoE, NOAA, UNEP, WMO)
- GORMP, 1991: Scientific assessment of stratospheric ozone: 1991. Global Ozone Research and Monitoring Project Report 25 (NASA, NOAA, UK/DoE, UNEP, WMO)
- GORMP, 2006: Scientific assessment of stratospheric ozone: 2006. Global Ozone Research and Monitoring Project Report 50 (NASA, NOAA, UNEP, WMO, European Commission)
- GORMP, 2010: Scientific assessment of stratospheric ozone: 2010. Global Ozone Research and Monitoring Project Report 52 (NOAA, NASA, UNEP, WMO, European Commission)
- GORMP, 2018: Scientific assessment of stratospheric ozone: 2018. Global Ozone Research and Monitoring Project Report 58 (NOAA, NASA, UNEP, WMO, European Commission)
- Green, A.E.S. & R.A. Heidinger, 1978: Models relating ultraviolet light and non-melanoma skin cancer incidence. *Photochem. Photobiol.*, 28, 283-291
- Hamer, M., 2002: Plot to undermine global pollution controls revealed. *New Scientist*, 2 Jan 2002
- Hartley, W.N., 1881: On the Absorption of Solar Rays by Atmospheric Ozone. *J. Chem. Soc.*, 39, 111-128
- Haszpra L., 2011: Az ózonlyuk jelenség. *Léggör*, 56, 111-115
- Heath, E.A., 2017: Amendment to the Montreal Protocol on substances that deplete the ozone layer (Kigali Amendment). *Int. Leg. Mater.*, 56, 193-205
- Hegglin, M. I., 2018: Evidence of illegal emissions of ozone-depleting chemicals. *Nature*, 557 (7705), 317-318
- Homonnai V., I. János, F. Lefevre, M. Marchand, 2013: Comparative Spectral Analysis and Correlation Properties of Observed and Simulated Total Column Ozone Records. *Atmosphere*, 4, 198-213

- Horváth M. et al., 1985: Ozone. Elsevier & Akadémiai K. (Topics in inorganic and general chemistry)
- Houzeau, A.M., 1872: Sur l'ozone atmosphérique. *Ann. Chim. Phys.* Quatrième série, XXVII, 5-68
- Hudson, R.D. et al., 1977: Chlorofluoromethanes and the stratosphere. NASA-RP-1010, NASA
- ICSU/SCOPE, 1992: Effects of increased ultraviolet radiation on biological systems. Proc. workshop (Budapest, 17-22 Febr. 1992)
- IOTP, 1988: Report of the International Ozone Trends Panel. Global Ozone Research and Monitoring Project Report, No.18 (WMO, 1989)
- IPCC & TEAP, 2005: Special report on safeguarding the ozone layer and the global climate system: issues related to hydrofluorocarbons and perfluorocarbons
- John, D. et al., 1981: Time series search for trend in total ozone measurements. *J. Geophys. Res. Atm.* 86:C8, 7299-7311
- Johnston, H.S., 1971: Reductions of stratospheric ozone by nitrogen oxide catalysts from supersonic transport exhaust. *Science*, 173, 517-522
- Keating, G. M., 1981: The response of ozone to solar activity variations - A review. *Solar Physics*, 74 (Dec.), 321-347
- Kerényi A., 2003: Környezettan. Természet és társadalom – globális szempontból. Mezőgazda Kiadó
- Kiss, A.Ch., 1985: Du nouveau dans l'air : "des pluies acides" à la couche d'ozone. In: *Annuaire français de droit international*, 31, 812-822
- Kowalok, M.E., 1993. Common threads: Research lessons from acid rain, ozone depletion, and global warming. *Environment*, 35:6, 12-38
- Láng I., 1980: A környezetvédelem nemzetközi körképe. Mezőgazdasági Kiadó
- Leitze, K., 2012: A new pole hole. In: Sensing our planet. NASA Earth Science Research Features 2012, 14-17
- Lemonick, M.D., 1987: The Heat Is On. Time (October 19, 1987), p. 59
- Lenard, Ph., 1900: Über Wirkungen des ultravioletten Lichtes auf gasförmiger Körper. *Ann. Phys.*, 4:1, 486-507
- Litfin, K.T., 1994: Ozone Discourses: Science and Politics in Global Environmental Cooperation. Columbia Univ. Press
- Loksa G., 1991: A légoszlop teljes ózontartalmának időbeli változása Magyarországon. *Időjárás*, 95:2-3, 106-109
- London, J. & J. Kelley, 1974: Global trends in total atmospheric ozone. *Science*, 184 (4140), 987-989
- Lovelock, J.E., 1971: Atmospheric Fluorine Compounds as Indicators of Air Movements. *Nature*, 230, p.379 (only)
- Lovelock, J.E. et al., 1973: Halogenated hydrocarbons in and over the Atlantic. *Nature*, 241, 194-196
- McDonald, J., 1971: Relationship of skin cancer incidence to thickness of ozone layer. Statement submitted to hearings before the House Subcommittee on Transportation Appropriations (Mar. 2, 1971), Cong. Rec. – Senate (March 19, 1971), 7251-7267
- Mészáros E., 1991: A légköri ózon kutatásának története és jelentősége. *Időjárás*, 95:2-3, 69-76
- Mészáros E., 1997: Levegőkémia. Veszprémi Egyetemi Kiadó
- Miskolci F., 1977: A légköri teljes ózontartalom műholdas meghatározása. MTN-3, OMSZ
- Molina, M.J. & F.S. Rowland, 1974: Stratospheric Sink for Chlorofluoromethanes: Chlorine Atom-catalysed Destruction of Ozone. *Nature*, 249, 810-812
- Montzka, S.A. et al., 2018: An unexpected and persistent increase in global emissions of ozone-depleting CFC-11. *Nature*, 557, 413-417
- Morrisette, P.M., 1989: The evolution of policy responses to stratospheric ozone depletion. *Natural Resources Journal*, 29, 793-820
- Munn, R.E., 1977: The WMO World Ozone Network. In: International Environmental Monitoring: A Bellagio Conference (February 16-18, 1977). Rockefeller Foundation (N.Y.), 77-88
- Nagy Z., Tóth Z., Bérces A., Dobó L., 2003: Sikerül-e megmenteni az ózonpajzsot? KvVM-OMSZ
- NASA-GSFC, 2013: Facts about Ozone Hole History. Goddard Space Flight Center
- Newman, P. A. et al., 2009: What would have happened to the ozone layer if chlorofluorocarbons (CFCs) had not been regulated? *Atmospheric Chemistry and Physics*, 9:6, 2113-2128
- Nicolet, M., 1972: La Biosphère au service de l'Atmosphère. *Bulletins de l'Académie Royale de Belgique*, 1431-1437
- Nicolet, M., 1976: Conscience scientifique face à l'environnement atmosphérique. *Ciel et Terre*, 92, 141-169
- NKP-1, 1997: Nemzeti Környezetvédelmi Program, 1997-2002. KvVM (83/1997. (IX. 26.) OGY határozat)
- NKP-5, 2021: Nemzeti Környezetvédelmi Program, 2021-2026; tervezet. AM/HOI
- OECD, 1977: Economic Impact of Restrictions on the Use of Fluorocarbons. OECD/ENV/Chem/77.2
- OKTH, 1980: Összeurópai magasszintű környezetvédelmi tanácskozás. Dokumentumok és összefoglaló. Országos Környezet- és Természetvédelmi Hivatal
- Oliver, R.C. et al., 1977: Aircraft emissions: potential effects on ozone and climate. U.S.-FAA, High Altitude Pollution Program

- Osechkin V.V. & S.P. Smyshlyaev, 2018: Fifty years of atmospheric ozone studies at LGMI and RSHU. / B.B. Осечкин & С.П. Смышляев, 2018: 50 Лет исследований атмосферного озона в ЛГМИ–РГГМУ. *Ученые записки Российского Государственного Гидрометеорологического Университета*, No. 50, 41-52
- Páldy A., 2016: A Nap gyógyító és megbetegítő hatásai. In: A Nap szerepe a társadalom életében (szerk.: Antal Z.). Argumentum, 148-174
- Parson, E.A., 2003: Protecting the Ozone Layer: Science and Strategy. Oxford Univ. Press
- Pató Zs. & Faragó T., 2004: A Globális Környezeti Alap: a nemzetközi szervezet, a támogatási területek és a magyarországi programok. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium <http://real.mtak.hu/62992/>
- Primack, J. & F. Hippel, 1974: Scientists in the political arena. Basic Books, Inc., Publ.
- Reinsel, G. et al., 1981: Statistical analysis of stratospheric ozone data for the detection of trends. *Atmospheric Environment*, 15:9, 1569-1577
- Rontó Gy., Horkai I., Németh P., Gajzágó L., 1993: Veszélyben az ózonpajzs? KTM
- Rowland, F.S., 1995: Stratospheric Ozone Depletion by Chlorofluorocarbons (Nobel Lecture). In: „Nobel Lectures, Chemistry 1991-1995” (ed.: Bo G. Malmström), World Scientific Publishing Co., Singapore (1997), 273-296
- Salma I., 2012: Légkörkémiá. In: Környezetkémia. ELTE-TTK, 20-105
- SCEP, 1970: Study of Critical Environmental Problems. (Report of the Study of Critical Environmental Problems) M.I.T. Press
- Schönbein, C.F., 1839: Lecture of 13 March 1839. *Ber. Verh. Nat. Ges. Basel*. 4: 58
- Schreurs, M.A., 2003: Environmental Politics in Japan, Germany, and the United States. Cambridge Univ. Press
- Scorer, R.S., 1974: Freon in the stratosphere. *New Scientist*, 64 (10 Oct 1974), p. 140
- Solomon, S. et al., 2016: Emergence of Healing in the Antarctic Ozone Layer. *Science*, 353, 269-274
- Solomon, S. et al., 2020: Unfinished business after five decades of ozone-layer science and policy. *Nature Communications*, 11:4272, 1-4
- Soret, J.L., 1867: Recherches sur la densité de l’ozone. *C. R. Hebd. Séances Acad. Sci.*, Ser. C, 61, 941
- Stachelin, J. et al., 2001: Ozone trends: A review. *Rev. Geophys.*, 39, 231-290
- Stoel, Th., 1979: Fluorocarbons as a global environmental case study. *New Scientist*, 18 Jan 1979, 166-167
- Stolarski, R.S. & R.J. Cicerone, 1974: Stratospheric Chlorine: A Possible Sink for Ozone. *Can. J. Chem.*, 52, 1610-1615
- Strong, M., 1973: Introductory Statement by the Executive Director. UNEP's Governing Council (12 June 1973), UNEP/GC/L.10
- Takács L., 1970: A műszerezettség és a megfigyelés-szervezés 1870-ben. *Légkör*, XV/1, 10-12
- Tapscott, R. E.⁺, 1992: Replacement Agents – An Historical Overview. Proc. of the Halon Alternatives Technical Working Conference (University of New Mexico, May 12-14, 1992), 58-69 (⁺Center for Global Env. Technologies)
- Tóth R., 2005: Az ózonréteg védelme. In: Nemzetközi környezetvédelmi és természetvédelmi egyezmények jövőhagyása és végrehajtása Magyarországon (szerk.: Faragó T., Nagy B.). KvVM – ELTE/ÁJK, 45-58
- Tóth Z., 2000: A sztratoszférikus ózon, az UV-B sugárzás és az aeroszol optikai mélység mérése. MTN Kiadvány
- Tóth Z., 2007: Védőpajzsunk és mérgünk – az ózon. *Természetbúvár*, 2007:5, 10-12
- Tóth Z., Páldy A., Antal L., 2019: A földfelszínre érkező szoláris UV-besugárzás és a légköri ózon kapcsolata az éghajlati rendszerrel – fizikai háttér és társadalmi, egészségügyi vonatkozások. *Magyar Tudomány*, 180:9, 1356-1375
- U.K./DOE, 1979: Chlorofluorocarbons and their Effects on Stratospheric Ozone. Part I. UK Dept. of Environment (Pollution Paper, No. 15, HMSO, London, 1979)
- U.K./HC, 1976: Concorde. Commons Sitting of 5 February 1976 Series 5 Vol. 904, 1427-1436
- UNCHE, 1972: Report of the UN Conference on the Human Environment. A/Conf.48/14/Rev.1, United Nations
- UN, 1972: Stockholm Declaration and Action Plan (UN Conference on Human Environment, UNCHE) A/Conf.48/14.rev.1
- UN, 1992: Agenda 21. The United Nations Programme of Action from Rio; Rio Declaration (UN Conference on Environment and Development, UNCED)
- UN, 2012: The Future We Want (UN Conference on Sustainable Development, UNCSD), A/RES/66/288
- UNEP, 1977: World Plan of Action on the Ozone Layer
- UNEP, 1980: Decision on chlorofluorocarbons. (Decision 8/7-B), UNEP Governing Council
- UNEP, 1981: Protection of the ozone layer. (Decision 9/13-B), UNEP Governing Council
- UNEP, 1985: Final Act of the Conference of Plenipotentiaries on the Protection of the Ozone Layer (Vienna, 18-22 March 1985)
- UNEP, 1989: Environmental effects of ozone depletion: panel report. UNEP
- UNEP, 1991: Environmental effects of ozone depletion: 1991 update. UNEP
- UNEP, 1996: Final report of the TEAP Task Force on CEIT aspects (Na.96-8296), UNEP

- UNEP, 2012: Handbook for the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer. Ninth edition, Ozone Secretariat, UNEP
- UNEP, 2020: Handbook for the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer. Fourteenth edition, Ozone Secretariat, UNEP
- UNEP, 2022: Decisions adopted by the Thirty-Fourth Meeting of the Parties to the Montreal Protocol. UNEP/OzL.Pro.34/9/Add.1
- UNEP/AWG, 1985: Final report of the Ad Hoc Working Group of Legal and Technical Experts for the elaboration of a global convention for the protection of the ozone layer (Geneva, 21-25 January 1985). UNEP/IG 53/4
- UNEP/CCOL, 1980: Report of the 4th session of the Coordinating Committee on the Ozone Layer
- UNEP/CCOL, 1981: Report of the 5th session of the Coordinating Committee on the Ozone Layer
- UNEP/CCOL, 1983: Report of the sixth session of the Coordinating Committee on the Ozone Layer
- UNEP/CCOL, 1984: Executive summary of the assessment of ozone layer modification and impact. UNEP/WG.110/3
- UNEP/CCOL, 1986: Possible effects of man's activities on the ozone layer and climate. Report of the eight session of the Coordinating Committee on the Ozone Layer
- UNEP/DTIE, 2001: Illegal trade in ozone depleting substances. Is there a hole in the Montreal Protocol? UNEP, Ozone Action, No.6
- UNFCCC, 1992: United Nations Framework Convention on Climate Change
- UNFCCC/KP, 1997: Kyoto Protocol to the UNFCCC
- UNFCCC/DA, 2012: Doha Amendment to the Kyoto Protocol
- UNFCCC/PA, 2015: Paris Agreement to the UNFCCC
- UNFCCC, 2022: Nationally determined contributions under the Paris Agreement. Synthesis report by the secretariat. FCCC/PA/CMA/2022/4
- USA/NAS, 1976: Halocarbons, Effects on Stratospheric Ozone. Panel of Atmospheric Chemistry, USA National Academy of Sciences
- Várai A., Homonnai V., Jánosi I., Müller R., 2015: Early signatures of ozone trend reversal over the Antarctic. *Earth's Future*, 3, 95-109
- VCPO, 1985: The Vienna Convention for the Protection of the Ozone Layer
- VCPO/MP, 1987: Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer
- VCPO/MP, 2009: Report of the 21st Meeting of the Parties to the Montreal Protocol, Annex III, Declaration on the Global Transition Away from HCFCs and CFCs. UNEP
- VCPO/KA, 2016: Kigali Amendment to the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer
- Velders, G.J.M. et al., 2012: Preserving Montreal Protocol Climate Benefits by Limiting HFCs. *Science*, 335, 922-923
- Ward, B. & R. Dubos, 1972: Only One Earth. Penguin; Ward, B. & R. Dubos, 1975: Csak egyetlen Föld van. KJK
- WHO, 1994: Environmental health criteria 160: Ultraviolet Radiation. Geneva, Switzerland: UNEP, ILO, WHO
- WHO/IPCS, 1979: Ultraviolet Radiation. Environmental Health Criteria 14
- WMO, 1975: Modification of the ozone layer due to human activities and some possible geophysical consequences.
- WMO, 1979a: Declaration of World Climate Conference
- WMO, 1979b: World Climate Conference - Extended summaries of papers presented at the conference
- WMO, 1981: Recent research results relevant to the World Plan of Action on the Ozone Layer. WMO
- WMO, 2014: The Global Atmosphere Watch Programme. 25 years of global coordinated atmospheric composition observations and analyses. WMO No. 1143
- WMO, 2021: Report on Unexpected Emissions of CFC-11. WMO, NASA, NOAA, UNEP (WMO-No. 1268)
- WMO, 2022: Scientific Assessment of Ozone Depletion, 2022. WMO/GAW Report No. 278
- WMO-NASA, 1981: The Stratosphere 1981. Theory and Measurements. Global Ozone Research and Monitoring Project Report, No.16 (GORMP-16). Proc. Meeting of Experts on the State of the Stratosphere, 18-22 May 1981; Hampton, USA (WMO, NASA, FAA, NOAA)
- Wofsy, S.C. & M.B. McElroy, 1974: HO_x, NO_x, and ClO_x: Their Role in Atmospheric Photochemistry. *Can. J. of Chem.*, 52, 1582-1591

4. fejezet: hivatkozások

- Abbot, C.G., 1967: Precipitation in Five Continents. Smithsonian Miscellaneous Collections, 151:5
- Aleksandrov V.V. & G.L. Stenchikov, 1984 / Александров, В.В. & Г.Л. Стенчиков, 1984: Об одном вычислительном эксперименте о последствиях ядерной войны. *Вычислительная математика и мат. физика*, 24, 140-144
- Ambrózy P., 1971: Az ember hatása az éghajlatra. *Időjárás*, 75:5-6: 382-383

- Ambrózy P., Czelnai R., Götz G., 1977: Az éghajlat modellezése. *Fizikai Szemle*, 2., 62-69
- Ångström, K., 1900: Über die Bedeutung des Wasserdampfes und der Kohlensäure bei der Absorption der Erdatmosphäre. *Annalen der Physik*, 4:3, 720-732
- Antal E. & Ö. Starosolszky, 1990: Role of the climate and climate change in the life of Hungary. Contribution of Hungary to the Second World Climate Conference. Hungarian Ministry for Environment and Regional Policy
- Archer, D. & V. Brovkin, 2008: The millennial atmospheric lifetime of anthropogenic CO₂. *Clim. Change*, 90, 283-297
- Arrhenius, S., 1896: On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground, *Philosophical Magazine and Journal of Science*, 41, 237-276
- Ayers, R.U., 1965: Environmental effects of nuclear weapons. HI-518-RR, Hudson Institute
- Bacsák Gy., 1940: Az interglaciális korszakok értelmezése I, II, III. *Időjárás*. 8-16., 62-69., 105-108.
- Bacsó N., Kakas J., Takács L., 1953: Magyarország éghajlata. OMSZ H.K., XVII. kötet
- Bartholy J., Pálvölgyi T., Matyasovszky I., Barcza Z., 1996: Az éghajlat nagytérségű változásai: okok és folyamatok, valamint a megismerés módszerei. *Természet Világa*, 127:1, 35-39
- Bartholy J. & Faragó T., 2014: Egy hathatós globális éghajlatvédelmi megállapodás szükségessége és akadályai. *Magyar Tudomány*, 175:5, 594-602. <http://real.mtak.hu/62435/>
- Bell, B., 1970: The Oldest Records of the Nile Floods. *The Geographical Journal*, 136:4, 569-573
- Benton, G.E., 1970: Carbon-dioxide and its role in climate change. *Proc. of the NAS*, 67:2, 898-899
- Bjerknes, J., 1969: Atmospheric teleconnections from the equatorial pacific. *J. of Phys. Oceanography*, 97:3, 163-172
- Bodansky, D., 2001: The History of the Global Climate Change Regime. In: International Relations and Global Climate Change (eds.: Luterbacher, U. & D. F. Sprinz), 23-40
- Bolin, B. & E. Eriksson, 1958: Changes in the Carbon Dioxide Content of the Atmosphere and Sea Due to Fossil Fuel Combustion. In: „The Atmosphere and the Sea in Motion” (ed. B. Bolin), Rockefeller Institute Press, 130-142
- Bolin, B. & W. Bischof, 1970: Variations of the carbon dioxide content of the atmosphere in the northern hemisphere. *Tellus*, 22, 431-442
- Bolin, B. et al. (eds.), 1977: The global carbon cycle. SCOPE 13, Wiley
- Bolin, B. et al., (eds.), 1986: The Greenhouse Effect, Climate Change and Ecosystems. SCOPE 29, Wiley
- Bolin, B., 2007: A History of the Science and Politics of Climate Change: The Role of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press
- Bozó L., 2001: Levegőkörnyezet Magyarországon: a légköri háttérszennyezettség. *Info-Társadalomtudomány*, 52, 35-42
- Bozó L., Mészáros E., Molnár Á., 2006: Levegőkörnyezet – Modellezés és megfigyelés. Akadémiai Kiadó
- Brooks, C.E.P., 1951: Geological and Historical Aspects of Climatic Change. In Compendium of Meteorology (ed. Th. F. Malone), American Meteorological Association, 1004-1018
- Budyko, M.I., 1969: The effect of solar radiation variations on the climate of the Earth. *Tellus*, XXI:5, 611-619
- Budyko, M.I., 1972 / Будыко М. И., 1972: Влияние человека на климат. Гидрометеоиздат
- Butzer, K.W., 1984: Long-Term Nile Flood Variation and Political Discontinuities in Pharaonic Egypt. In: Causes and Consequences of Food Production in Africa (Eds. J.D. Clark, S.A. Brandt), University of California Press, 102-112
- Callendar, G.S., 1938: The artificial production of carbon dioxide and its influence on temperature. *Quarterly J. of the Royal Met. Soc.*, 64:275, 223-240
- Callendar, G.S., 1958: On the Amount of Carbon Dioxide in the Atmosphere. *Tellus*, 10, 243-248
- Carrillo, C.N., 1892: Disertación sobre las corrientes oceánicas y estudios de la corriente Peruana ó de Humboldt. *Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima*, 2, 72-110
- Chamberlin, T.C., 1899: An Attempt to Frame a Working Hypothesis of the Cause of Glacial Periods on an Atmospheric Basis. *Journal of Geology*. 7:8, 751-787
- Ciais, P. et al. 2013: Carbon and Other Biogeochemical Cycles. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of WG-I to the AR5 of the IPCC
- Crutzen, P.J., J.W. Birks, 1982: The atmosphere after a nuclear war: Twilight at noon. *Ambio* 11, 114-125
- CSCE, 1975: Helsinki Final Act. Organization for Security and Co-operation in Europe
- Czelnai R., 2006: Megemlékezés a WMO (első) Éghajlati Világkonferenciájáról. *Léggör*, 51:Ksz., 16-19
- Dobosi Z. & Felméri L., 1977: Klimatológia. ELTE-TTK
- Ekholm, N., 1901: On the Variations of the Climate of the Geological and Historical Past and Their Causes. *Quarterly J. of the Royal Met. Soc.*, 27, 1-61
- Ellsaesser, H.W. 1984: The climatic effect of CO₂: A different view. *Atmos. Environ.* 18, 431-434
- ENMOD, 1976: Convention on the Prohibition of Military or any Other Hostile Use of Environmental Modification Techniques

- Eriksson, E., 1954: Report on an Informal Conference in (atmospheric) Chemistry. (University of Stockholm, May 24-26, 1954), *Tellus*, 6:3, 302-307
- Faragó T., 1978: Introduction of the characteristic function in stochastic-dynamic modelling. *Tellus*, 30:4, 335-340
- Faragó T., 1979: Az éghajlatmodellezés alapjai. In: "Meteorológiai előrejelzések", OMSZ Hiv. Kiadv. XLVIII, 151-161. <http://real.mtak.hu/65997/>
- Faragó T., 1981a: Az éghajlatkutatás jelentősége és feladatai. *Időjárás*, 85, 162-172. <http://real.mtak.hu/65996/>
- Faragó T., 1981b: Éghajlat és társadalom. *Magyar Tudomány*, 142:7-8, 503-509. <http://real.mtak.hu/65995/>
- Faragó T. & Pálvolgyi T. (szerk.), 1992: Az Egyesült Nemzetek Szervezetének Keretegyezménye az Éghajlatváltozásról. ENSZ Környezet és Fejlődés Konferencia Magyar Nemzeti Bizottsága <http://real.mtak.hu/65985/>
- Faragó T., Foltányi Zs., Pálvolgyi T., Poós M., 1998: Az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése: Kiotói Jegyzőkönyv az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezményéhez és a hazai feladatok. Fenntartható Fejlődés Bizottság <http://real.mtak.hu/65839/>
- Faragó T., 2011: A levegőkörnyezet- és klímavédelem nemzetközi kvóta-kereskedelmi rendszerei. *Klíma-21*, 65. szám, 3-16. <http://real.mtak.hu/62580/>
- Faragó T., 2012: International environmental and development policy cooperation and the transition process of the Central and Eastern European countries. Grotius, <http://real.mtak.hu/62454/>
- Faragó T., 2016a: The anthropogenic climate change hazard: role of precedents and the increasing science-policy gap. *Időjárás*, 120:1, 1-40. <http://real.mtak.hu/60726/>
- Faragó T., 2016b: A párizsi klímátárgyalások eredményei. *Magyar Energetika*, 23:1, 8-12. <http://real.mtak.hu/62026/>
- Faragó T., 2018a: Az EU energia- és klímapolitikájának összekapcsolódása. *Lépések (a fenntarthatóság felé)*, 23:4, 4-6. <http://real.mtak.hu/93061/>
- Faragó T., 2018b: Nemzetközi klímátárgyalások: hol tart a három évtizednyi folyamat? *Környezetvédelem*, 2:4, 22-28. o. <http://real.mtak.hu/93060/>
- Faragó T., 2022a: Közös környezetünk és a globalizáció. Akadémiai Kiadó <http://real.mtak.hu/133300/> (Akadémiai Kiadó e-book <https://akademiai.hu/ptudx00345-kozos-kornyezetunk-es-a-globalizacio.html>)
- Faragó T., 2022b: A kö(zs)én)korszak vége az energiatermelésben? Világtalálkozó az éghajlatváltozásról Glasgow-ban. *Magyar Energetika*, 29:1, 4-6. o. <http://real.mtak.hu/139744/>
- FFB, 1996: Az éghajlatváltozás kockázata. Az IPCC helyzetértékelése az éghajlatváltozás tudományos-technológiai és társadalmi-gazdasági háttéréről. (szerk.: Pálvolgyi T., Faragó T.), Fenntartható Fejlődés Bizottság
- Foote, E., 1856: Circumstances affecting the Heat of the Sun's Rays. *The American J. of Science and Arts*, XXII, 382-383
- Fourier, J., 1822: Théorie analytique de la chaleur. Didot et al., Paris
- Fourier, J., 1827: Mémoire sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires. Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de l'Institut de France VII, 570-604 (1824: *Annales de Chimie et de Phys.*, 2:XXVII, 136-167)
- GARP, 1975: The Physical Basis of Climate and Climate Modelling. Report of the International Study Conference (Stockholm, July 29 - August 10, 1974), GARP P.S. 16
- GCOS, 1992: Memorandum of Understanding between the WMO, the IOC of UNESCO, the ICSU and the UNEP
- Gelencsér A., 2004: Aeroszol részecskék a légkörben. Hűtő hatás? *Természet Világa*. II. k. 25-28
- Gelencsér A., 2014: Koromrészecskék a légkörben. *Magyar Tudomány*. 185:11, 1366-1374
- Gibbs, W.J. et al., 1976: Technical Report on Climate Change. WMO ExCom Panel of Experts on Climatic Change
- Golitsyn, G.S & N.A. Phillips, 1986: Possible climatic consequences of a major nuclear war. WCP-113, WMO/TD 99
- Götz G., Dévényi D., Faragó T., 1978: Éghajlatmodellezés és a szubgrid skálájú folyamatok. OMSZ
- Götz G., 1981: Éghajlati Világprogram – az éghajlatváltozások kutatása. MTA X. Oszt. Közl. 14:2-4, 157-175
- Haigh, J.D., 2007: The Sun and the Earth's Climate. Living Reviews in Solar Physics
- Hansen, J. et al., 2008: Target Atmospheric CO₂: Where should Humanity Aim? *The Open Atmospheric Science J.* 2:1
- Hare, K. F., 1979: Climatic variation and variability. WMO, 537, 51-81
- Hasselmann, K., 1976: Stochastic Climate Models. Proceedings of WMO-EC, XXVIII
- Haszpra L., 2010: Introduction. In: Atmospheric Greenhouse Gases: The Hungarian Perspective. Springer, 1-8
- Haszpra L., Barcza Z., Szilágyi I., 2010: Atmospheric trends and fluctuations – History and sites of atmospheric ghg monitoring in Hungary. In: Atm. Greenhouse Gases: The Hungarian Perspective (ed. L. Haszpra). Springer, 9-27

- Haszpra L., 2011a: ICOS – a jövő páneurópai üvegházgáz-megfigyelő rendszere. *Magyar Tudomány*, 172:1, 32–37
- Haszpra L., 2011b: Az éghajlati rendszer és mozgatói. *Magyar Tudomány*, 172:5, 570-579
- Haszpra L., 2012: A magyarországi légköri széndioxid-mérések harminc éve. *Magyar Tudomány*, 173:2, 184-191
- Haszpra L., 2016: Mérőföldkövek a légköri szén-dioxid-forgalomban. *Magyar Tudomány*, 177:12, 1447-1454
- Haszpra L., 2022: Fejezetek az üvegházhatás-kutatás történetéből. *Magyar Tudomány*, 183:1, 57-68
- Herschel, W., 1801: Observations Tending to Investigate the Nature of the Sun. *Phil. Trans. of the Royal Society of London* 265, 265-318
- Högbom, A.G., 1894: Tidskrift, Bd. vi., p. 169
- Hsu, Sh.-W., 2010: The Palermo Stone: the Earliest Royal Inscription from Ancient Egypt. *Altoriental Forsch., Akademie Verlag*, 37:1, 68–89
- Hulburt, E.O., 1931: The Temperature of the Lower Atmosphere of the Earth. *Physical Review*, 38, 1876-1890
- Humphreys, W.J., 1913: Volcanic Dust and Other Factors in the Production of Climatic Changes, and Their Possible Relation to Ice Ages. *J. Franklin Institute*, 176, 131-72
- Huntington, E., 1914: The Solar Hypothesis of Climate Changes. *Bull. of the Geological Soc. of America*, 25, 477-590
- ICSU, 1987: A Document Prepared by the First Meeting of the Special Committee. Global Change Report, No. 2
- IEA, 2021: Net Zero by 2050: A roadmap for the Global Energy Sector
- IEA, 2022: Global Energy Review: CO₂ Emissions in 2021 - Global emissions rebound sharply to highest ever level
- IPCC, 1988: Report of the 1st session of the IPCC (Geneva, 9-11 Nov 1988), IPCC-1
- IPCC, 1990, 1995, 2001, 2007, 2014: First Assessment Report (AR), Second AR, Third AR, Fourth AR, Fifth AR
- IPCC, 1998: Report of the Fourteenth Session (Vienna, 1-3 October 1998)
- IPCC/WG-I, 2013: Climate Change 2013. The Physical Science Basis
- IPCC/WG-III, 2014: Mitigation of Climate Change (Climate Change 2014), IPCC
- IPCC/WG-I, 2021: Climate Change 2021. The Physical Science Basis
- IPCC/WG-III, 2022: Mitigation of Climate Change 2022. Mitigation of Climate Change
- Jäger, J., 1988: Developing Policies for Responding to Climatic Change: A Summary of the Discussions and Recommendations of Workshops (Villach, 28 Sept to 2 Oct 1987 and Bellagio, 9-13 Nov 1987). WMO/TD-No. 225
- Jäger, J. & H. L. Ferguson (eds.), 1991: Climate Change: Science, Impacts and Policy. Proceedings of the Second World Climate Conference (Geneva, 29 Oct - 7 Nov 1990). Cambridge University Press
- Johnstone, S. & J. Mazo, 2013: Global Warming and the Arab Spring. In: The Arab Spring and Climate Change (eds: C.E. Werrell, F. Femia). Center for Climate and Security. 15-22
- Kaplan, L.D., 1952: On the pressure dependence of radiative heat transfer in the atmosphere. *J. of Meteorology*, 9, 1-12
- Karl T.R. et al., 1995: Long-term climate monitoring by the GCOS (An Editorial). *Climate Change*, 31, 135-147
- Keeling, C.D., 1960: The Concentration and Isotopic Abundances of CO₂ in the Atmosphere. *Tellus*, 12, 200-203
- Keeling, C.D. 1970: Is Carbon Dioxide from Fossil Fuel Changing Man's Environment? *Proc. American Philosophical Society*, 114:1, 10-17
- Kellogg, W.W., 1987: Mankind's Impact on Climate: the Evolution of an Awareness. *Climatic Change*, 10, 113-136
- Kondratyev, K.J. et al., 1985 / Кондратьев, К.Я. и др., 1985: Климатические последствия ядерной войны по одномерной модели радиационно-конвективного теплообмена. Докл. АН СССР, 280:2, 321–324
- Kondratyev, K.J., 1988: Climate Shocks – Natural and Anthropogenic. Wiley
- Kordos L., 1979: A magyarországi paleoklimatológiai kutatások módszerei és eredményei. OMSZ-HK L. kötet
- Köppen, W., 1873: Über vieljährige Perioden der Witterung, insbesondere über die 11-jährige Periode der Temperatur. *Zeitschrift der Österreichischen Gesellschaft für Meteorologie*. 8, 241-248, 256-267
- KTM-OMSZ, 1990: Az éghajlat változékonysága és változása: okok, folyamatok, regionális hatások. (szerk.: Faragó T., Iványi Zs., Szalai S.), KTM és OMSZ <http://real.mtak.hu/65992/>
- KTM-OMSZ, 1991: Az éghajlat változékonysága és változása II. (szerk.: Faragó T., Iványi Zs., Szalai S.), KTM-OMSZ <http://real.mtak.hu/103139/>
- Kukla, G.J., 1972: Insolation and glacials. *Boreas*, 1:1, 63-96
- KvVM-OMSZ, 2007: Éghajlatváltozás 2007. Az IPCC negyedik értékelő jelentése. KvVM és OMSZ
- Láng I., 2010: The "VAHAVA" project. In: Climate Change and Hungary: mitigating the hazard and preparing for the impacts. (Eds.: Faragó T., Láng I., Cséte L.), MTA, 21-27

- Lorius, C. et al., 1990: The ice-core record: climate sensitivity and future greenhouse warming. *Nature*, 347, 139-145
- Major Gy., 2006: A Milanković-Bacsák-elmélet és az éghajlatváltozások. *Léggör.* 51, 20-23
- Manabe, S. & R.T. Wetherland, 1967: Thermal equilibrium of the atmosphere with a given distribution of relative humidity. *J. Atmos. Sci.* 24:3, 241-259
- Mészáros E. 1977: A levegőkémia alapjai. Akadémiai Kiadó
- Mészáros E., 1996: Melegítjük vagy hűtjük a légkört? *Természet Világa*, 127, I. k., 8-10
- Mészáros E., 1999: Fundamentals of atmospheric aerosol chemistry. Akadémiai Kiadó
- Mészáros E., 2008: A levegő megismerésének története. MTA, Történelemtudományi Intézet
- Mika J., 1981: A globális éghajlat statisztikai-dinamikai modellezése. MTA X. Oszt. Közl. 14:2-4, 177-192
- Milankovitch, M., 1920: Théorie mathématique des phénomènes thermiques produits par la radiation solaire, XVI, 338 S. Gauthier-Villars
- Miskolczi F., 2007: Greenhouse Effect in Semi-transparent Planetary Atmospheres. *Időjárás*. 111:1, 1-40
- MTA, 1991: Állásfoglalás éghajlatunk jövőjéről. MTA Földtudományok O. (Statement on the future of our climate)
- MTA, 2006: A globális éghajlatváltozás: hazai hatások és válaszok. A magyarországi klímapolitika alapjai. (VAHAVA projekt összefoglalása). (szerk.: Láng I., Csete L., Jolánkai M.), KvVM és MTA
- MTA, 2009: Az MTA Környezettudományi Elnöki Bizottság állásfoglalása az éghajlatváltozásról és az ezzel összefüggő feladatokról. MTA-KtEB
- MTA, 2010a: Környezeti jövőkép – Környezet- és klímabiztonság. (szerk.: Bozó L.), MTA
- MTA, 2010b: Climate Change and Hungary: mitigating the hazard and preparing for the impacts. (Eds.: Faragó T., Láng I., Csete L.), MTA
- NAS, 1975: Long-term worldwide effects of multiple nuclear weapons detonations. (US) Nat'l Academy of Sci. – NRC
- Nechay G. & Faragó T. (szerk.), 1992: Az Egyesült Nemzetek Szervezetének Egyezménye a Biológiai Sokféleségről. ENSZ Környezet és Fejlődés Konferencia Magyar Nemzeti Bizottsága
- Neumann, J., 1955: Can we survive technology? *Fortune*, 51:6 (1961: Collected Works, VI. Theory of Games, Astrophysics, Hydrodynamics and Meteorology (ed. A.H. Taub, Pergamon Press)
- Panofsky, H.A., 1956: Theories of climatic change. *Weatherwise*, 9:6, 183-204
- Pálvölgyi T., 1985: Havi bontású nulla-dimenziós energiaegyensúlyi éghajlat modell. *Időjárás*, 89, 228-241
- Pezet, F.A., 1896: The Counter-Current "El Niño," on the Coast of Northern Peru. Report of the Sixth International Geographical Congress (London, 1895), Vol. 6, 603-606
- Pittock, A.B. et al., 1986: Environmental Consequences of Nuclear War. ICSU-SCOPE, 28
- Plass, G.N., 1956: The Carbon Dioxide Theory of Climatic Change. *Tellus*, 8, 140-154
- Práger T., Kovács E., Gyuró Gy., 1986: Numerical experiments with a three-parameter baroclinic quasi-geostrophic model of the atmosphere. *ELTE – Annales*, 1-2, 212-280
- Práger T. & Pálvölgyi T., 1989: Simulation of decadal time scales climatic changes by monthly resolution EBM. In: L. Stegena (ed.) *ELTE - Annales*, 79-106
- Probáld F., 1981: Változik-e éghajlatunk? Gondolat
- Rác L., 2021: A kis jégkorszak haszonélvezője a Kárpát-medence mezőgazdasága. In: *Környezettörténet 3.* (szerk.: Demeter G., et al.), Bölcsészettudományi Kutatóközpont, 183-199
- Réthy A., 1962, 1970, 1998: Időjárási események és elemi csapások Magyarországon (1700-ig, 1701-1800, 1801-1900 között). OMSZ, Budapest.
- Revelle, R. & H.E. Suess, 1957: Carbon Dioxide Exchange between Atmosphere and Ocean and the Question of an Increase of Atmospheric CO₂ During the Past Decades. *Tellus*, 9, 18-27
- Revelle, R., 1965: Restoring the Quality of Our Environment, Report of the Environmental Pollution Panel, President's Science Advisory Committee, The White House
- Ricke, K.L. & K. Caldeira, 2014: Maximum warming occurs about one decade after a carbon dioxide emission. *Environmental Research Letters*, 9:12, 123002
- Róna Zs., 1909: Éghajlat, II. rész. K. M. Természettudományi Társulat
- Roy, I. & J.D. Haigh, 2012, Solar Cycle Signals in the Pacific and the Issue of Timings, *J. Atm. Sci.*, 69, 1446-1451
- Saltzman, B., 1978: A survey of statistical-dynamical models of terrestrial climate. *Advances in Geophysics*, Vol. 20
- Schneider, S.H. & R.E. Dickinson, 1974: Climate modeling. *Rev. of Geoph. and Space Sci.*, Vol. 12
- Schneider, S.H. & L.E. Mesirov, 1976: The Genesis Strategy: Climate and Global Survival. Plenum Pub. Corp.
- Schneider, S.H., 1989: The Greenhouse Effect: Science and Policy. *Science*, 243:4892, 771-781
- Schneider, S.H., 1991: Three Reports of the Intergovernmental Panel on Climate Change, *Environment*, 33:1, 25-30

- Schneider, S.H. & K. Kuntz-Duriseti, 2002: Uncertainty and Climate Change Policy. In: Climate Change Policy: A Survey (eds.: Stephen H. Schneider et al.), Island Press, 53-87
- Simpson, G.C., 1929: Discussion of Memoirs. Quarterly J. Royal Meteorological Society, 55, 73-79
- SMIC, 1971: Inadvertent Climate Modification. Report of the Study of Man's Impact on Climate. M.I.T. Press
- Soós M., 1870: Éghajlatlan. A természettudományok kedvelőinek. Athenaeum
- Szalai S., 1989: Az északi-félgömb kétdimenziós éghajlati modellje. *Időjárás*, 2-3
- Szarka L., 2010: Mozaikok az éghajlatkutatáshoz. *Magyar Tudomány*, 5, 609-611
- Trenberth, K.E., 2015: Has there been a hiatus? Internal climate variability masks climate-warming trends. *Science*, 349:6249, 691-692
- Turco, R.P., O.B. Toon, T.P. Ackerman, J.B. Pollack, C. Sagan, 1983: Nuclear Winter: Global Consequences of Multiple Nuclear Explosions. *Science*, 222, 1283-1892
- Tyndall, J., 1862: On the transmission of heat of different qualities through gases of different kinds (abstract of the lecture delivered at the meeting on 10 June 1859). In: Notices of the Proc. at the Meetings of the Members of the Royal Institution (1862), 155-158
- Tyndall, J., 1872: Contributions to Molecular Physics in the Domain of Radiant Heat. Appleton Co. New York
- UN, 1972: Stockholm Declaration (UN Conference on Human Environment, UNCHE)
- UN, 1985: Climatic effects of nuclear war, including nuclear winter, a compilation. A/40/449
- UN, 1988: A/RES/43/53 „Protection of global climate for present and future generations of mankind”
- UN, 1989: A/RES/44/207 „Protection of global climate for present and future generations of mankind”
- UN, 1990: A/RES/45/212 „Protection of global climate for present and future generations of mankind”
- UNEP/AGR, 2022: Adaptation Gap Report 2022
- UNEP/EGR, 2015, 2021, 2022: Emissions Gap Report 2015; Emissions Gap Report 2021; Emissions Gap Report 2022
- UNFCCC, 1992: UN Framework Convention on Climate Change
- UNFCCC/KP, 1997: Kyoto Protocol
- UNFCCC/DA, 2012: Doha Amendment to the Kyoto Protocol
- UNFCCC/PA, 2015: Paris Agreement to the UNFCCC
- UNFCCC, 2022: Nationally determined contributions under the Paris Agreement. Synthesis report by the secretariat. FCCC/PA/CMA/2022/4
- Védegylet, 2004: Éghajlatváltozás a világban és Magyarországon. (szerk.: Takács-Sánta A.), Alinea-Védegylet
- Wang, W.C. et al., 1976: Greenhouse effects due to man-made perturbation of trace gases. *Science*, 194, 685-690
- WCED, 1987: Our Common Future. Oxford Univ. Press
- WCP, 1981: Joint WMO/ICSU/UNEP meeting of experts on the assessment of the role of CO₂ on climate variations and their impact (Nov. 1980, Villach). WCP-3
- WCP, 1986: Report of the International conference of the Assessment of the role of carbon dioxide and of other greenhouse gases in climate variations and associated impacts ((9-15 Oct 1985, Villach). WMO No 661
- WMO, 1976: Statement on Climatic Change. WMO No. 319
- WMO, 1979: World Climate Conference. Declaration and Supporting Documents. WMO
- WMO, 1989: The Changing Atmosphere. Conference Proc. (Toronto, 27-30 June 1988). WMO No. 710
- WMO, 2021: State of the Global Climate 2021. WMO
- Wood, R.W., 1909: Note on Theory of the Greenhouse. *Philosophical Magazine*, ser. 6:17, 319-320
- Zilmann, J.W., 2009: A History of Climate Activities. *WMO Bulletin*, 58:3, 141-150

A hivatkozott nemzetközi megállapodások

ADN, 2000	European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Inland Waterways / Veszélyes Áruk Nemzetközi Belvízi Szállításáról szóló Európai Megállapodás
ADR, 1957	European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road / Veszélyes Áruk Nemzetközi Közúti Szállításáról szóló Európai Megállapodás
AEWA, 1995	Agreement on the Conservation of African-Eurasian Migratory Waterbirds / Megállapodás az afrikai-eurázsiai vándorló vízimadarak védelméről
ATS, 1959, 1991	The Antarctic Treaty; Protocol on Environmental Protection (Antarctic Treaty System) / Antarktisz Szerződés és Jegyzőkönyv a környezetvédelemről
BC, 1989 BC/BBA, 1995	Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal / Bázeli egyezmény a veszélyes hulladékok országhatárokon túlra szállításának és ártalmatlanításának szabályozásáról; Amendment to the Basel Convention (Basel Ban) / Bázeli Tiltás
BC/PLC, 1999	Basel Protocol on Liability and Compensation for Damage Resulting from Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal / Bázeli jegyzőkönyv a veszélyes hulladékok országhatárokon túlra szállításából és elhelyezéséből eredő anyagi felelősségről és kártérítésről
BWM, 2004	International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments / Nemzetközi egyezmény a hajók ballasztvizének és üledékének ellenőrzéséről és kezeléséről

CBD, 1992	Convention on Biological Diversity / Egyezmény a biológiai sokféleségről
CFCLR, 1958	Convention on Fishing and Conservation of the Living Resources of the High Seas / Egyezmény a nyílt tengereken folytatott halásatról és a tengeri élővilág megőrzéséről
CHS, 1958	Convention on the High Seas / Egyezmény a nyílt tengerekről
CITES, 1973	Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora / Egyezmény a veszélyeztetett vadon élő állat- és növényfajok nemzetközi kereskedelméről
CLC, 1992	International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Cooperation / Nemzetközi egyezmény az olajszennyezés elhárítását célzó készségről, ellenintézkedésről és együttműködésről
CLC-BOPD, 2001	International Convention on Civil Liability for Bunker Oil Pollution Damage / Nemzetközi egyezmény a bunkerolaj-szennyezéssel okozott károkkal kapcsolatos polgári jogi felelősségről
CLNUIW, 1997	Convention on the Law of the Non-navigational uses of Transboundary Watercourses / Egyezmény a nemzetközi vízfolyások nem hajózási célú használatának jogáról
CLRTAP, 1979	Convention on Long-range Transboundary Air Pollution / Egyezmény a nagy távolságra jutó, országhatárokon áterjedő levegőszennyezésről
CLRTAP/SP, 1985	Protocol on the Reduction of Sulphur Emissions or Their Transboundary Fluxes by at least 30 per cent (Sulphur Protocol) / Jegyzőkönyv a kénkibocsátások vagy azok országhatárokon való átáramlásának legalább 30%-kal történő csökkentéséről
CLRTAP/NP, 1988	Protocol Concerning the Control of Emissions of Nitrogen Oxides or Their Transboundary Fluxes / Jegyzőkönyv a nitrogén-oxidok kibocsátásának vagy azok országhatárokon való átáramlásának szabályozásáról
CLRTAP/VOC, 1991	Protocol Concerning the Control of Emission of Volatile Organic Compounds or Their Transboundary Fluxes / Jegyzőkönyv az illékony szerves vegyületek kibocsátásának és azok országhatárokon való átáramlásának korlátozásáról
CLRTAP/SP, 1985	Protocol on the Reduction of Sulphur Emissions or Their Transboundary Fluxes by at least 30 per cent (Sulphur Protocol) / Jegyzőkönyv a kénkibocsátások vagy azok országhatárokon való átáramlásának legalább 30%-kal történő csökkentéséről
CLRTAP/SP, 1994	Protocol on Further Reduction of Sulphur Emissions / Jegyzőkönyv a kénkibocsátások további csökkentéséről
CLRTAP/HM, 1998	Protocol on long-range transboundary air pollution on heavy metals / Jegyzőkönyv a nehézfémek kibocsátásának szabályozásáról
CLRTAP/POP, 1998	Protocol on long-range transboundary air pollution on persistent organic pollutants / Jegyzőkönyv a maradandó szerves szennyező anyagok kibocsátásának szabályozásáról
CMS, 1979	Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals. (Bonn Convention) / Egyezmény a vándorló vadon élő állatfajok védelméről
CTEIA, 1992	Convention on the Transboundary Effects of Industrial Accidents / Egyezmény az ipari balesetek országhatárokon túli hatásairól
CTWC, 1992	Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes. / Egyezmény az országhatárokat átlépő vízfolyások és nemzetközi (UNECE)
DRPC, 1994	Convention on Cooperation for the Protection and Sustainable Use of the Danube River (Danube River Protection Convention) / Egyezmény a Duna védelmére és fenntartható használatára irányuló együttműködésről (Duna Védelmi Egyezmény)
ECT, 1994	The Energy Charter Treaty, Energy Charter Protocol on Energy Efficiency / Energia Charta Egyezmény, Jegyzőkönyv az energiahatékonyságról
ENMOD, 1976	Convention on the Prohibition of Military or any Other Hostile Use of Environmental Modification Techniques / A környezetmódosító eljárások katonai vagy bármely más ellenséges szándékú alkalmazásának eltiltásáról szóló egyezmény
HNS, 1996	International Convention on Liability and Compensation for Damage in Connection with the Carriage of Hazardous and Noxious Substances by Sea / A veszélyes és ártalmas anyagok tengeri szállításával kapcsolatos felelősségről és kártérítésről szóló nemzetközi egyezmény
IATA/DGR, 1953	Dangerous Goods Regulations / Veszélyes Áru Szabályzata
ICRW, 1946	International Convention for the Regulation of Whaling / Nemzetközi egyezmény a bálnavadászat szabályozásáról
IMO/IMDGC, 1965	International Maritime Dangerous Goods Code / Veszélyes Áruk Nemzetközi Tengerészeti Kódexe
IOPRC, 1990	International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Co-operation / Nemzetközi egyezmény az olajszennyezésekkel kapcsolatos felkészültségről, válaszokról (intézkedésekről) és együttműködésről
ITTA, 1983, 1994, 2006	International Tropical Timber Agreement / Nemzetközi megállapodás a trópusi faanyagokról

LC, 1972; LP, 1996	London Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter; London Protocol / Egyezmény és jegyzőkönyv a hulladékkal és egyéb anyaggal való tengerszennyezés megelőzéséről
MARPOL, 1973, 1978	International Convention for the Prevention of Pollution from Ships; MARPOL Protocol / Nemzetközi egyezmény a hajókról származó szennyezés megelőzéséről; MARPOL jegyzőkönyv
MCM, 2013	Minamata Convention on Mercury / Minamata egyezmény a higanyról
Moon, 1979	Agreement on Control of the Activities of States on the Moon and Other Celestial Bodies (Moon Treaty) / Megállapodás az államok által a Holdon és más égitesteken folytatott tevékenység szabályozásáról
OSPAR, 1992	Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic (OSPAR C.) / Egyezmény az északkelet-atlanti tengeri környezet védelméről
OST, 1967	Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies (Outer Space Treaty) / Szerződés az államok tevékenységét szabályozó elvekről a világűr kutatása és felhasználása terén, beleértve a Holdat és más égitesteket
OTIF/RID, 1980	Regulations concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail / Veszélyes Áruk Nemzetközi Vasúti Fuvarozásáról szóló Szabályzat
RC, 1998	Rotterdam Convention on the Prior Informed Consent Procedure for Certain Hazardous Chemicals and Pesticides in International Trade / Egyezmény a nemzetközi kereskedelemben forgalmazott egyes veszélyes vegyi anyagok és növényvédő szerek előzetes tájékoztatáson alapuló egyetértési eljárásáról
RCW, 1971	Convention on Wetlands of International Importance Especially as Waterfowl Habitat. (Ramsar C.) / Egyezmény a nemzetközi jelentőségű vizes területekről különösen, mint vízimadarak élőhelyéről
SC, 2001	Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants / Egyezmény a környezetben tartósan megmaradó szerves szennyező anyagokról
SLC, 1971	Convention on International Liability for Damage Caused by Space Objects (Space Liability C.) / Egyezmény az űrobjektumok által okozott károkért való nemzetközi felelősségről
SOLAS, 1974	International Convention for the Safety of Life at Sea / Nemzetközi egyezmény az életbiztonságról a tengeren
UNCCD, 1994	UN Convention to Combat Desertification in those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa / ENSZ egyezmény a sivatagosodás elleni küzdelemről a súlyos aszályal sújtott országokban
UNCLOS, 1982	United Nations Convention on the Law of the Sea / ENSZ Tengerjogi Egyezmény
UNFCCC, 1992	UN Framework Convention on Climate Change / ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezmény
UNFCCC/KP, 1997	Kyoto Protocol / Kiotói Jegyzőkönyv
UNFCCC/DA, 2012	Doha Amendment to the Kyoto Protocol / A Kiotói Jegyzőkönyv Dohai Módosítása
UNFCCC/PA, 2015	Paris Agreement / Párizsi Megállapodás
UNWC, 1997	Convention on the Law of the Non-navigational Uses of International Watercourses / Egyezmény a határokat átlépő vizek nem hajózási célú használatának jogáról
VCPO, 1985	Vienna Convention for the Protection of the Ozone Layer / Egyezmény az ózonréteg védelméről
VCPO/MP, 1987	Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer / Montreali jegyzőkönyv az ózonréteget lebontó anyagokról
WHC, 1972	Convention Concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage (World Heritage Convention) / Egyezmény a világ kulturális és természeti örökségének védelméről (Világörökség E.)

RÖVIDÍTÉSEK

ADN	European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Inland Waterways / Veszélyes Áruk Nemzetközi Belvízi Szállításáról szóló Európai Megállapodás
ADR	European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road / Veszélyes Áruk Nemzetközi Közúti Szállításáról szóló Európai Megállapodás
AF	Adaptation Fund / Adaptációs Alap
ASGM	Artisanal and Small-scale Gold Mining / arany kézműves és kisüzemi aranybányászat
BAPMoN	Background Air Pollution Monitoring System / Háttérszennyezés Megfigyelő Hálózat
CBD	Convention on Biological Diversity / Biológiai Sokféleség Egyezmény
CCOL	Co-ordinating Committee on the Ozone Layer / Ózonréteggel foglalkozó koordinációs bizottság
CEDRE	Centre de documentation, de recherche et d'expérimentations sur les pollutions accidentelles des eaux / The Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution / Baleseti vízszennyezések dokumentációs, kutatási és kísérleti központja
CFC	chlorofluorocarbon / (telített) klórozott-fluorozott szénhidrogén
CIC	International Council for Game and Wildlife Conservation (Conseil International de la Chasse) / Nemzetközi Vadászati és Vadvédelmi Tanács
CITES	Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora / Egyezmény a veszélyeztetett vadon élő állat- és növényfajok nemzetközi kereskedelméről
CLRTAP	Convention on Long-range Transboundary Air Pollution / Egyezmény a nagy távolságra jutó, országhatáron áterjedő légszennyezésről
CMS	Convention on Migratory Species / Egyezmény a vándorló állatfajokról (védelméről)
COSPAR	Committee on Space Research (ICSU) / Űrkutatási Bizottság
CSCE	Conference on Security and Co-operation in Europe / Európai Biztonsági és Együttműködési Konferencia
DU	Dobson unit / Dobson egység
ECSC	European Coal and Steel Community / Európai Szén- és Acélközösség
EEC	European Economic Community / Európai Gazdasági Közösség (EGK)
EESC	Equivalent Effective Stratospheric Chlorine / ekvivalens effektív sztratoszféri klór
EHC	Environmental Health Criteria / Környezetegészségi követelmények (kritériumok)
EMEP	European Monitoring and Evaluation Programme / Európai megfigyelési és értékelési program
ESA	European Space Agency / Európai Űrügynökség
FAA	Federal Aviation Administration / Szövetségi Légügyi Hivatal (USA)
FACE	Federation of Associations for Hunting and Conservation of the EU / Az EU Vadászati és Természetmegőrzési Szervezeteinek Föderációja
GARP	Global Atmospheric Research Programme / Globális Léggörkutató Program
GAW	Global Atmosphere Watch / Globális Léggör Megfigyelő Program (WMO)
GCF	Green Climate Fund / Zöld Klíma Alap
GCO	Global Chemicals Outlook / Globális Kémiai Előretételezés
GEF	Global Environment Facility / Globális Környezeti Alap
GEMS	Global Environmental Monitoring System / Globális Környezeti Megfigyelő Rendszer
GEO	Global Environmental Outlook / Globális Környezeti Előretételezés (UNEP)
GEO	Geostationary Earth Orbit / Geostacionárius Földkörüli Pálya
GEO	Group of Earth Observations / Föld Megfigyelések Csoportja
GEOSS	Global Earth Observation System of Systems / Globális Föld Megfigyelő Rendszerek Rendszere
GESAMP	Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection
GGGI	Global Green Growth Institute / Globális Zöld Növekedés Intézet
GMA	Global Mercury Assessment / Globális Higany Értékelés
GMOS	Global Mercury Observation System / Globális Higany Megfigyelő Rendszer
GMP	Global Mercury Partnership / Globális Higany Együttműködés
GMP	Global Mercury Programme / Globális Higany Program (UNIDO; UNEP)
GO3OS	Global Ozone Observing System / Globális Ózon Megfigyelő Rendszer
GORMP	Global Ozone Research and Monitoring Project / Globális Ózonkutatási és Megfigyelési Projekt (WMO)
GOS4M	Global Observation System for Mercury / Higany Megfigyelő Globális Rendszer
GPML	Global Partnership on Marine Litter / Tengeri hulladékkal foglalkozó globális partnerség
GWP	Global Water Partnership / Globális Víz Partnerség

HCFC	Hydrochlorofluorocarbon / (telítetlen) klórozott fluorozott szénhidrogén
HFC	Hydrofluorocarbon / fluorozott szénhidrogén
HNS	Hazardous and Noxious Substances / veszélyes és ártalmas anyagok
IAA	International Academy of Astronautics / Nemzetközi Asztronautikai Akadémia
IADC	Inter-Agency Space Debris Coordination Committee / Ügynökségek közötti Űrhulladék Koordinációs Bizottság
IAF	International Astronautical Federation / Nemzetközi Asztronautikai Szövetség
IAGA	International Association of Geomagnetism and Aeronomy / Nemzetközi Földmágnességi és Aeronómiai Szövetség
IATA	International Air Transport Association / Nemzetközi Légi Szállítási Szövetség
ICAO	International Civil Aviation Organization / Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet
ICCM	International Conference on Chemical Management / Vegyi anyag-kezelési Nemzetközi Konferencia
ICdA	International Cadmium Association / Nemzetközi Kadmium Szövetség
ICSU	International Council for Science (International Council of Scientific Unions) / Nemzetközi Tudományos Tanács
IDNDR	International Decade for Natural Disaster Reduction / A természeti katasztrófák mérséklésének évtizede
IEA	International Energy Agency / Nemzetközi Energia Ügynökség
IFCS	Intergovernmental Forum on Chemical Safety / Kémiai Biztonsági Kormányközi Fórum
IGBP	International Geosphere-Biosphere Programme / Nemzetközi Geoszféra Bioszféra Program
IGY	International Geophysical Year / Nemzetközi Geofizikai Év
IHDP	International Human Dimension Programme / Nemzetközi Humán Dimenzió Program
IISL	International Institute of Space Law / Nemzetközi Űrjogi Intézet
ILO	International Labour Organisation / Nemzetközi Munkaügyi Szervezet
IMO	International Maritime Organization / Nemzetközi Tengerészeti Szervezet
INC	International Negotiating Committee / Nemzetközi Tárgyalási Bizottság
IO3C	International Ozone Commission / Nemzetközi Ózon Bizottság
IOC	Intergovernmental Oceanographic Commission (UNESCO) / Kormányközi Oceanográfiai Bizottság
IOMC	Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals / Vegyi anyagok helyes kezelésének szervezetenkénti programja
IOTP	International Ozone Trends Panel / Nemzetközi Ózon Trend Testület
INCHEM	Internationally Peer Reviewed Chemical Safety Information
IPBES	Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services / Biodiverzitás és Ökoszisztéma-szolgáltatás Kormányközi Platform
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change / Éghajlatváltozási Kormányközi Testület
IPCP	International Panel on Chemical Pollution / Vegyi anyag-szennyezési Nemzetközi Testület
IPCS	International Programme on Chemical Safety / Kémiai Biztonsági Nemzetközi Program
IRPA	International Radiation Protection Association / Nemzetközi Sugárzásvédelmi Szövetség
IRPTC	International Register of Potentially Toxic Chemicals / Potenciálisan Toxikus Vegyi Anyagok Nemzetközi Nyilvántartása
ITU	International Telecommunication Union / Nemzetközi Távközlési Egyesület
IUCN	World Conservation Union (International Union for Conservation of Nature) / Természetvédelmi Világszövetség
IUGG	International Union of Geodesy and Geophysics / Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Szövetség
IUPAB	International Union on Pure and Applied Biophysics / Nemzetközi Elméleti és Alkalmazott Biofizikai Szövetség
LDCF	Least Developed Countries Fund / Legkevésebb Fejlett Országok Alapja
LEO	Low Earth Orbit / alacsony földközeli pálya
LPA	Global Alliance to Eliminate Lead Paint / Globális szövetség az ólomtartalmú festékek felszámolásáért
MAB	Man and Biosphere / Ember és Bioszféra
MDG	Millennium Development Goal(s) / Millenniumi Fejlesztési Cél(ok)
MENA	Middle East and North Africa / közel-keleti és észak-afrikai (térség)
NASA	National Aeronautics and Space Administration / Nemzeti Légügyi és Űrhajózási Hivatal (USA)
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration / Nemzeti Óceán- és Légkörkutató Hivatal (USA)

OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development / Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet
OPEC	Organization of the Petroleum Exporting Countries / Kőolaj-exportáló Országok Szervezete
PAGE	Partnership for Action on Green Economy / Partnerség a zöld gazdaságért (zöld gazdasági cselekvésért) (UNEP, ILO, UNDP, UNIDO, UNITAR)
PCFV	Partnership for Clean Fuels and Vehicles / Partnerség a tiszta üzemanyagokért és járművekért
PEDAS	Panel on Potentially Environmentally Detrimental Activities in Space / Testület a környezetre potenciálisan káros űrtevékenységekre (vizsgálatára)
PIC	Prior Informed Consent / előzetes tájékoztatáson alapuló egyetértés (-i eljárás)
POP	Persistent Organic Pollutant / állékony szerves szennyező anyag
SAICM	Strategic Approach to International Chemicals Management / Nemzetközi Vegyi anyag-kezelés Stratégiai Megközelítése
SBSTA	Subsidiary Body of Scientific and Technological Advice / Tudományos és Technológiai Tanácsadó Testület (kísérleti testület) (UNFCCC / 1995. évi LXXXII. törvény: 9.1)
SCCF	Special Climate Change Fund / Speciális Éghajlatváltozási Alap
SCOPE	Scientific Committee on Problems of the Environment (ICSU) / Környezet(védelmi) Problémák Tudományos Bizottsága
SDG(s)	Sustainable Development Goal(s) / Fenntartható Fejlődési Cél(ok)
SST	Supersonic Stratospheric Transport / szuperszonikus sztratoszférikus közlekedés
STS	Space Transportation System / űrhajózási rendszer
TEAP	Technology and Economic Assessment Panel / Technológiai és Gazdasági Értékelő Testület (Montreali Jegyzőkönyv)
TOMS	Total Ozone Monitoring Satellite / Teljes ózontartalmat megfigyelő műhold
UNCED	UN Conference on Environment and Development / ENSZ Környezet és fejlődés konferencia
UNCHE	UN Conference on Human Environment / ENSZ-konferencia az emberi környezetről
UN/CHS	UN Commission on Human Settlements / Emberi Települések Bizottsága
UNCHS	UN Centre for Human Settlements (Habitat) / Emberi Települések Központja
UNCOPUOS	UN Committee on the Peaceful Uses of Outer Space / Világűr békés célú felhasználásával foglalkozó bizottság (Világűr Bizottság)
UN/CPD	UN Commission on Population and Development / Népesedési és Fejlődési Bizottság
UNCSD	UN Conference on Sustainable Development / Fenntartható Fejlődési Konferencia
UNCTAD	UN Conference on Trade and Development / Kereskedelmi és Fejlesztési Konferencia
UNDAC	UN Disaster Assessment and Coordination / Katasztrófa becslés és koordináció (ENSZ-hivatal)
UN/DD	United Nations Development Decade / Fejlesztési Évtized
UNDP	UN Development Programme / ENSZ Fejlesztési Program
UNDRR	UN Office for Disaster Risk Reduction / Katasztrófakockázat-csökkentési Hivatal
UNECE	UN Economic Commission for Europe / ENSZ EGB: ENSZ Európai Gazdasági Bizottság
UN/EMG	UN Environment Management Group / Környezeti Menedzsment Csoport
UNEP	United Nations Environment Program / ENSZ Környezeti Program
UNEP/GC	UNEP Governing Council / Kormányzó Tanács
UNEP/IRP	UNEP International Resource Panel / Nemzetközi Erőforrás Testület
UNESCO	UN Educational, Scientific and Cultural Organization / ENSZ Nevelésügyi, Tudományos és Kulturális Szervezete
UN/FfD	UN Financing for Development / Fejlesztések finanszírozása (konferencia, program)
UNFPA	UN Population Fund (UN Fund for Population Activities) / Népesedési Alap
UNGA	UN General Assembly / ENSZ Közgyűlés
UNHRC	UN Human Rights Council / ENSZ Emberi Jogi Tanács
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization / ENSZ Iparfejlesztési Szervezet
UN/OCHA	UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs / Humanitárius Ügyek Koordinációs Hivatala
UNOOSA	United Nations Office for Outer Space Affairs / ENSZ Világűriroda (Világűr-ügyek ENSZ Irodája)
UN/SDSN	UN Sustainable Development Solutions Network / Fenntartható fejlődési megoldások hálózata
UNSG	UN Secretary-General / ENSZ-főtitkár
UN/WWAP	UN World Water Assessment Programme / Víz Értékelési Világprogram
VCPO	Vienna Convention on Ozone Layer Protection / Bécsi egyezmény az ózonréteg védelméről
WCED	World Commission on Environment and Development / Környezet és Fejlődés Világbizottság
WCP	World Climate Programme / Éghajlati Világprogram

WFP	World Food Programme / Világélelmezési Program
WMO	World Meteorological Organization / Meteorológiai Világszervezet
WODC	World Ozone Data Centre / Ózon Adatok Világközpontja
WOUDC	World Ozone and Ultraviolet Radiation Data Centre / Ózon és Ultraibolya-sugárzási Adatok Világközpontja
WSSD	World Summit on Sustainable Development / Fenntartható Fejlődési Világtalálkozó (csúcstalálkozó)
WWF	World Wide Fund for Nature (World Wildlife Fund) / Természetvédelmi Világalap
WWI	Worldwatch Institute / Világfigyelő Intézet