

## A NAGYVÁROSOK ÖKOLÓGIAI VISZONYAI\*

KOVÁCS MARGIT

MTA Botanikai Kutatóintézete, Vácrátót

## Bevezetés

Már a Nemzetközi Biológiai Program során felmerült az a gondolat, hogy a nagyvárosok és azok agglomerátumai — a természetes és félkultúr ökoszisztémákhoz hasonlóan — a tanulmányozás objektumai legyenek. Ennek szükségességét alátámasztja az urbán-ipari régió népességsűrűsége ill. annak növekedése.

Amíg 1960-ban a Föld lakosságának 30%-a volt városlakó, az előzetes jelzések szerint 2000-re ez az arány 80%-ra emelkedik. A környezeti krízisek, amelyek számos gazdasági, szociális, technikai, biológiai és egyéb okok kölcsönhatásaként alakulnak ki, továbbá a sajátos ökológiai tényezők és azok nagymértékű terheltsége, a káros hatások akkumulálódása szükségessé teszi a nagyvárosok biológiai, földrajzi, szociológiai, építésügyi stb. tanulmányozását, amely nélkülözhetetlen a korszerű várostervezés számára. A felmérések alapján lehet csak meghatározni a város távolabbi növekedésének lehetőségét, irányát és határait.

Amint az UNESCO programtervezete „A városi ökoszisztémák hatása a bioszféra struktúrájára és funkcionálására” c. témajavaslatára leszögezi: „A városok, különösen a nagyvárosok, extrémén gyors növekedése mind a fejlődő, mind a fejlett országokban az ökoszisztémák módosításának és a változó környezethez való emberi alkalmazkodás számos problémájához kapcsolódik. E problémák sora a környezet egyensúlytalanságától az élelmezés és a gazdasági élet legszélesebb nemzeti és regionális aspektusait érintik. Ezek a problémák minden városi környezetben jelentkeznek, bár természetesen különböző intenzitással és eltérő formákban, bármilyenek legyenek is a kulturális és gazdasági körülmények.”

Azért, hogy megfelelően érthessük ezeket a kérdéseket, több szempontból tanulmányoznunk kell a mesterséges ökoszisztémákat, amelyeket városoknak nevezünk. Vizsgálunk kell a városoknak a bioszféra más részeire való hatását a társadalmi és biológiai tanulmányok segítségével. Ezek a rendszerek az állandó egyensúlytalanság állapotában vannak, és a komplex rendszernek egyik

\* Részleteiben elhangzott a Magyar Biológiai Társaság XIII. vándorgyűlésén 1978. szept. 28-án.

fajtájából a másikba való átmenete megköveteli a kiegyensúlyozatlanság tényezőinek vizsgálatát.”

A MAB (Man and Biosphere) program 11-es tervében „Az energiahasznosítás ökológiai aspektusai az urbán-ipari rendszerben” c. téma keretében a javasolt 3 kutatási terület a következő:

- Az ökoszisztémák és az urbán-szisztéma analízisének egységesítése (integrációja), beleértve az urbán- és mezőgazdasági (rurális) ökoszisztéma közötti kapcsolatot.
- Az anyag és energiaáramlás tanulmányozása városi zónákban.
- Az ember jólétének tanulmányozása az urbán-rendszerben.

A tanulmányozandó objektum az urbán-szisztéma, a nagyváros (city), amely elsősorban adminisztratív egység, ill. a meghatározás szerint idetartozik minden olyan emberi település, ahol a lakosság száma 20 000 felett van, akik gazdaságilag, politikailag és szociálisan megszervezett közösségben élnek. A település jellemzői a zsúfoltság, szennyezés, ipari koncentráció stb.

A környezet szennyeződése, károsodása itt koncentráltan jelentkezik. Külön figyelmet érdemel, hogy az innen származó egyes szennyezőanyagok a Föld távolabbi pontjaira is eljuthatnak. A város és az agglomerátum megváltoztatja a földrajzi környezetet, a mikroklíma-, víz- és a talajviszonyokat a növény- és az állatvilágot és hatása a környező területekre egyre növekszik.

Jelenleg nagyobb intenzitással folynak a MAB-program célkitűzéseinek megfelelően az úgynevezett urbán-ökoszisztéma kutatások a különböző klímazónákban levő nagyvárosokban, mint Bruxelles, Frankfurt am Main, Berlin, Lyon, Róma, Varsó, Budapest, Honkong, Tokyo, Tel Aviv, Istambul, Los Angeles stb.

A nagyvárosok ökológiai kutatása az új célkitűzéseknek megfelelően az utóbbi 5—10 évben indult meg. Budapesten az ilyen jellegű kutatások végzését sürgeti az 1971-es kormányhatározat, amely Budapest és környéke általános rendezési tervére vonatkozik.

### *Az urbán-ökoszisztéma fogalma*

A nagyvárosok ökológiai vizsgálatánál, azokkal mint egy sajátos ökoszisztémával, az ún. urbán-ökoszisztémával foglalkoznak. Amint azt a 11-es projekttel kapcsolatos 1974-es párizsi ülészak leszögezte: az urbán-ökoszisztéma terminus a természetes ökoszisztémával analóg fogalom. A természetes és kultúr-ökoszisztémák a biotóp és a biocénózis egységei, ahol az abiotikus (biotóp) és a biotikus komponensek (producensek, konzumensek és reducensek) között energia- és anyagáramlás megy végbe.

Az urbán-ökoszisztéma kialakulásánál a biotóp (földrajzi környezet: a produkció helyének, a vízforrásnak és a tüzelőanyagnak a közelsége, védelmi



hely stb.) szerepet játszott, de a kialakult nagyváros a termőhelytől mindinkább függetlenné vált. Ellentétben a természetes ökoszisztémával, a producensek száma kevés (városi zöldfelület) és szerepük más jellegű, primer produktumuk nem vagy alig kerül hasznosításra, és az energiaáramlásban játszott szerepük is jelentéktelen. Konzumens elsősorban maga az ember, és a természetes ökoszisztémák nélkülözhetetlen komponenseinek, a reducenseknek szinte a teljes hiánya jellemző.

Az urbán-ökoszisztéma egy ökoszisztéma a többi között, amely a bioszféra különböző egységeivel szoros kölcsönhatásban van, de a természetes- és kultúr-ökoszisztémáktól számos alapvető tulajdonságban különbözik (HUGHES 1974):

- A várost, mint mesterséges környezetet, teljes egészében az ember hozta létre, kialakulása, szerkezete tükrözi az adott terület természeti viszonyait és az emberek tevékenységét.
- A város függ az őt körülvevő vidéktől, ahonnan az élelmiszer, fűtő- és nyersanyag nagy része, tehát az állandó energia származik.
- A város, mint fizikai környezet, egy adott mértékben független, így az erős évszakváltozások bizonyos fokig tompítottan jelentkeznek.
- A város — bár szoros kapcsolatban van az őt körülvevő fizikai, biológiai környezettel — belsejében sajátos hatások alakulnak ki.

Az urbán-ökoszisztéma jellemzője struktúrájának rendkívüli bonyolultsága, az antropocénózisainak reakciója, amelyet emberi társadalomnak nevezünk és amelyet az ott lakók alkotnak.

DOXIADIS (1942, 1970, cit. in 1977) az emberi településeket olyan élő szervezetnek, egységnek tekinti, amely a primitív településekből ekumenopolis-sá alakul át. Ekumenopolis a jövő városa, amely az ember számára szükséges nyílt tájjal együtt a Földet borító települések összefüggő rendszere. A megfelelő emberi település kialakításához az ekistik\* elemeknek meghatározott kombinációja szükséges. Az ekistik elemek a következők: természet (éghajlat, talaj, vegetáció, fauna, víz stb.) ember, társadalom (szociális stratifikáció, gazdasági fejlettség, egészség és jólét, kultúra, nevelés), építmény (lakás, üzletek, iskola, kórház, ipari létesítmények), hálózat (víz- és elektromos-vezetékek, szállítás- és távközlés rendszere).

Az urbán-ökoszisztéma a zöldterület foka, és a fitocénózisainak minősége szerint ún. szubszisztémákra tagozódik. DUVIGNEAUD (1974 — ELLENBERG publikálatlan inspirációja alapján) Bruxelles-ben (a város nyugati-keleti keresztmetszetében) a következő szubszisztémákat különbözteti meg:

- Falusi (mezőgazdasági) zóna, (falu, mezőgazdasági kultúra, rét)
- Ipari zóna

\* Ekistik; DOXIADIS által használt fogalom az ember ökológiájára ill. az emberi települések tudományára.

- A város területe
- Az új város (lakótelep)
- Park
- Sűrűn lakott zóna
- Sport-komplexumok
- Kertváros
- Elővárosi erdő.

A különböző ökológiai faktorok (hőmérséklet, csapadék, evapo-transpiráció,  $\text{CO}_2$ -fogyasztás és  $\text{O}_2$ -termelés,  $\text{SO}_2$ -emisszió,  $\text{CO}_2$ -emisszió stb.) az egyes szubszisztémákban eltérő intenzitással hatnak.

Hasonló jellegű KATONA (1976) és PÉCSI—KATONA (1978) települési környezet osztályozása. A földrajzi helyzet ill. a közműellátottság mértéke szerint a következő tér-típusokat különböztetik meg: tercier- és szekunder munkahely, primer erdő- és mezőgazdasági öv ill. rekreációs tér, különböző beépítettségű lakóterület. A tértípusok további alegységekre bonthatók. Ennek alapján készült el Budapest és Tatabánya ún. környezetminősítési térképe.

### *Energiaáramlás a nagyvárosban*

Egy terület sugárzási mérlege a következőkből tevődik össze (a zárójelben Budapest értékei — BACSÓ 1958, PROBÁLD 1974 alapján —): a felszínre érkező közvetlen és szórt napsugárzás összege (+ 97,0 kcal/cm<sup>2</sup>), a felszínről visszavert rövidhullámú sugárzás (— 12,7 kcal/cm<sup>2</sup>), a felszínnek a légköri hosszuhullámú visszasugárzásából származó energiabevétele (+ 228,0 kcal/cm<sup>2</sup>) a felszín hosszuhullámú sugárzási energia-vesztése (— 277,9 kcal/cm<sup>2</sup>). Az adatok alapján Budapest évi természetes energia-mérlege 34,4 kcal/cm<sup>2</sup>.

A nagyváros azonban nagy mennyiségű import (pót)-energiával működik, amely összetevődik az emberi és állati táplálékból\*, valamint a különböző tüzelőanyagokból. A nap sugárzó energiáját helyettesíti az elektromos energia ill. a különböző fossziliák égési energiája, amely a szállításban, iparban és a tüzelés formájában (fűtés, világítás) kerül felhasználásra. Budapesten a pót-energia nagysága 31,7 kcal/cm<sup>2</sup> év, hasonló nagyságrendű mint a természetes energia-mérleg!

Bruxelles (DUVIGNEAUD — DENAYER DE-SMET 1977) évi természetes energia-mérlege (a város területére, 16,178 ha-ra számítva)  $58 \times 10^{12}$  kJ, a pót-energia nagyságát  $52 \times 10^{12}$  kcal-ra becsülik. Ez azt jelenti, hogy Bruxelles egy lakosára 90 000 kcal/nap jut, míg az USA-ban 240 000 kcal/nap.

\* Fejenként 3000 kalória napi átlaggal számolva 2 millió lakos által termelt animális hő  $1,75 \times 10^{12}$  kcal/év (PROBÁLD 1974).



A városi települések növekedésével az energia-igény mintegy évi 4%-os növekedésével lehet számolni. A mesterséges energia emissziója olyan mértékű lehet, hogy ez már nemcsak a mikro- és mezoklíma térségekre van hatással, hanem számolni lehet ennek regionális, sőt makroklimatikus hatásával is, MIESS, (in REVELLE 1978) becslése szerint az emberiség által felhasznált energia megfelel  $5,8 \times 10^{16}$  kcal-nak, amely a beérkező szoláris energiának 0,01%-a. 100 év múlva az emberiség által felhasznált energia mennyisége 0,1% lesz.

A város olyan nagy mennyiségű energiát használ fel, hogy az kikerülve, sajátos városklímát okoz. Az import energia növekvő mennyisége következtében pl. 1875 és 1952 között számos nagyváros átlaghőmérséklete emelkedett (PLASS 1959).

### *A városklíma*

A városba bejutó pót-energia egy része fűtés formájában kerül felhasználásra. Az égési energia általában rossz hatásfokkal hasznosul (fűtés, közlekedés) és fennmaradó energia-mennyiség hatással van a városklíma alakulására. A város szerkezete más mint egy természetes ökoszisztémáé, és az a sajátos városklíma kialakulásához vezet. A falak, utcák, terek különböző burkolatai (kő, beton, flaszter stb.) több hőt halmoznak fel egy nap alatt, mint a talaj, mivel azt jobban adszorbeálják és háromszor gyorsabban vezetik.

A lehulló csapadék (amely a város felett általában 10%-al több), a csatornahálózatokon keresztül gyorsan elfolyik és mivel a lehullott csapadék elpárologtatása aránylag kisebb mennyiségű hőelvonással jár mint pl. a mezőkön, a nagyváros hővesztesége kisebb.

Az energetikailag jelentős, párolgási folyamatokhoz lényegesen kevesebb vízmennyiség áll rendelkezésre.

A fentiekben vázolt hőháztartás alapján a város néhány fokkal mindig melegebb mint a környezete, pl. Budapest belső területe 1–1,5 °C-kal melegebb mint a periféria (PROBÁLD 1973, 1974). Páris 1,7 °C-al melegebb volta azt jelenti, mintha a város 2 szélességi fokkal délebbre fekédné (DETVILLER 1970, cit. in DUVIGNEAUD 1974). Frankfurt központja 4,0 °C-al, (MIESS 1975), Tokio pedig 5 °C-al (NUMATA 1977) melegebb környezeténél. A nagyobb hőmérséklettel együtt jár, hogy a városi levegő kevesebb párát tartalmaz, amely bioklimatológiailag kedvezőtlen az ember számára. MAYER (1977) vizsgálatai szerint az ember a városban a bőrön át történő vízdifúzióra és a belélegzett levegő vízgőztelítettségére több latens hőt használ fel, mint az erdőben vagy a tengerparton.

A CO<sub>2</sub>-ben gazdag meleg levegő felemelkedik és helyére a periféria erdőterületeiről O<sub>2</sub>-ben gazdag, hűvös levegő áramlik. A városi és a periferikus területek levegőáramlásának törvényszerűsége is indokolja és szükségessé teszi a városkörüli erdő, zöldövezet fenntartását.

### *A levegő szennyezettsége*

A városi levegő fontos alkotórészei még a folyékony, szilárd és gáznemű szennyező anyagok. A levegő aeroszol részei ún. „felhőt” formálva a szoláris energia egy részét visszaverik. A városra jutó globális sugárzás általában 10—20 %-al kisebb, mint a szabad területeken. Ugyancsak visszatartják a város által kibocsátott energia egy részét is. Hasonló szerepe van a városok felett kialakult ún. „porkupolának” is. A porkupola különösen az UV-tartományba tartozó rövidhullámú sugárzás átjutását akadályozza, így mintegy 10%-al csökken a biológiailag hatékony (D-vitamin képző) sugárzás mennyisége.

WOLMANN (1965) adatai szerint az 1 millió lakosú hipotetikus városban naponta 950 000 tonna fűtőanyag felhasználása mellett 950 tonna hulladék (levegőszennyezőanyag) képződik. A szennyező anyagok koncentrációja többszöröse a „tisztá” atmoszférájú területeknek. GEORGI (1972, cit. in MIESS 1977) szerint a por 10—15-ször, a kéndioxid 20—200-szor, a szénmonoxid 5—200-szor nagyobb mennyiségben mérhető a nagyvárosokban. A szén elégetésével nagyobb mennyiségű bór kerül a levegőbe ill. a talajra (vö. KOZMA-TÖLGYESI 1978). Becslések szerint pl. Kelenföldön 200 000 q szén eltüzelésével évente 32 q bór (ebből kb. 5 q a forróvízoldható bór) jut a levegőbe ill. a talajra. Toxikus és korrodáló hatásánál fogva az egyik legkárosabb és legjellegzetesebb nagyvárosi szennyezőanyag a kéndioxid. Becslések szerint (BOURGEAY — PERRIN 1975) a kéndioxidnak mintegy 10%-a alakul át kénsavvá.

A nagyvárosok lebegő pora nagyobb mennyiségű fémet is tartalmaz. Budapesten az ülepedő porral 1 m<sup>2</sup>-re maximálisan a következő fémmennyiség jut: Cu: 5,7 mg/hó, Ni: 1,0, Zn: 26,3. De pl. a XXII. kerületben a Metallokémia környékén az 1977—78-as évek egyes hónapjaiban m<sup>2</sup>-ként a következő maximális mennyiségek voltak mérhetőek: Pb: 416 mg, Zn: 372 mg, Cu: 47 mg (vö. GAJDOS et al. 1978). Az ólom jelentős része az autók kipufogógázával jut a levegőbe. A nagyvárosok növekvő nehézfém-tartalma az élő szervezetekben is egyre nagyobb mennyiségben kimutatható (PRINZ—SCHOLL 1975). AUERMANN és munkatársai (1977) vizsgálatai szerint Bautzen-ben (Német Demokratikus Köztársaság) a vizsgált személyek vérének átlagos ólomtartalma 0,32 ug/ml volt, vidéken pedig 0,23 ug/ml. Az emberi szervezetbe táplálék, víz és levegő útján bejutó ólom toxikus határa a vér 1,2 ug/ml ólom-tartalmánál van, de a 0,3—0,4 ug/ml-es értéknél is az emberi szervezet már veszélyeztetettnek tekinthető.

Budapest agglomerátumban a cementpor (Dunai Cement és Mészmű környéke) számos fafaj levele klorofill-tartalmának a csökkenését okozza (KOVÁCS—KLINCSEK 1974), amely az érzékeny fafajok esetében (*Acer pseudoplatanus*, *Tilia cordata*, *Aesculus hippocastanum*) 50%-os is lehet.



### Tápanyagkörforgalom

Európában egy bükkös erdő-ökoszisztémába a csapadékkal évente 12—37 kg/ha bio-elem jut és a gravitációs vízzel abból 10—112 kg/ha mennyiség távozik. A nagyvárosok ruderalis növénytakaságai (pl. Bruxelles-ben az *Artemisia vulgaris*— *Solidago gigantea* cönózis — DUVIGNEAUD 1975) a csapadékkal bejutó bio-elemek mennyisége 85—90 kg/ha, a távozó mennyiség 56—70 kg/ha.

Az urbán ökoszisztémába a bio-elemek (élelmiszer, takarmány, tüzelőanyag, ipari nyersanyag) szinte teljes egészében (a csapadékvízzel bejutó bio-elemekkel) kívülről, importáció útján jutnak be, amelyhez szükséges más ökoszisztémák produktumainak a felhasználása is. Bruxelles-be évente élelmiszer, tüzelőanyag stb. formájában  $292 \times 10^3$  tonna anyag jut, vagyis minden hektárra 180 tonna (vö. DUVIGNEAUD—DENAËYER—DE SMET 1977).

WOLMANN (1965) adatai szerint az 1 millió lakosú hipotetikus városban naponta 2 000 tonna élelmiszerfelhasználás mellett 2 000 tonna szilárd hulladék keletkezik. Az urbán-ökoszisztémába bekerült nagy mennyiségű „anyag” a felhasználás után a lebontók hiányában felhalmozódik. A felhalmozódott hulladékot inkább megsemmisítik, mintsem újra forgalomba hozzák. Így azok nem kapcsolódnak be ismét az anyagok normális ciklusába és gyökeresen megváltoztatják a tápanyagok (elemek) eloszlásának és hozzáférhetőségének természetes rendjét, a bio-elemek migrációját és koncentrációját. A kommunális hulladékkal a nagyvárosok talajában egyre növekvő mennyiségben fordul elő a kadmium. Mivel a világon a kadmium-felhasználás évi 14%-os növekedésével kell számolni (1970-ben a felhasznált mennyiség 16,322 tonna volt), várható a Cd mennyiségének a növekedése a települések hulladékában (EL-BASSAM 1977). A hulladék komposztálása során a talaj- növény tápláléklánc során bejut az emberi és az állati szervezetbe, toxikus hatásával kell számolni. (A gyümölcs- és zöldségfélék Cd-tartalma nem lehet több mint 0,08 mg/kg).

Az urbán-ökoszisztémából kijutó elemek nagy mennyiségüknél fogva a vizek, a talaj és az atmoszféra fő szennyezői. Az importáció és az exportáció sokkal nagyobb, mint a természetes ökoszisztémáknál.

### A nagyváros vízmérlege

A nagyvárosokban a szilárd burkolat és a csatornázás miatt a lehulló csapadék mintegy 60%-a lefolyik, elszivárog, 40%-a pedig elpárolog. A víz-utánpótlás hiányának (és a felszín alatti vízfelhasználás) a következménye a talajvízszint nagyfokú csökkenése. Milánóban 20 év alatt 20 m-rel csökkent a talajvízszint, Bolognában 1945-ben 12 m-en, 1977-ben pedig már 35 m mélyen volt a talajvízszint (DAJOZ 1971). A vízszintsüllyedéssel gyakran együtt jár

a talajszint süllyedése is, pl. Mexiko-City-ben a terep évente átlagban 30 cm-rel süllyed (vö. LÁSZLOFFY 1969).

A vezetékes vízellátásba bekapcsolt agglomerációs településeken (pl. Budapest környékén) a fokozódó vízfelhasználás és a csatornázás hiánya következtében megemelkedik és fokozatosan elszennyeződik a talajvíz.

A városiasodás és az iparosodás nagy mennyiségű vízfogyasztással jár együtt. Az atmoszferikus csapadékot az urbán-ökoszisztémában a városi vízhálózat helyettesíti. Pl. Bruxelles-be bejutó vízvezetéki víz mennyisége  $61 \times 10^6$  tonna, ami azt jelenti, hogy egy lakos napi vízfogyasztása 156 liter (Párizsban 400 l/lakos, az USA nagyvárosaiban 625 l/lakos. Budapest vízfogyasztása 1971-ben 727,000 m<sup>3</sup>/nap és az előrejelzések szerint 2000-re 1 300 000 m<sup>3</sup> napi mennyiséggel kell számolni.

A fokozódó vízigény következtében a városok vízszerezése mind távolabbi felszíni és felszín alatti vizekre terjed ki, pl. Stuttgart 156 km, Los Angeles 400 km távolságról szerzi be az ivóvizet. Budapest legtávolabbi kútja 27 km-re van a városcentrumtól, Ózd 31, Pécs 40 km-ről kap vizet. A nagyvárosok egyre nagyobb körzetben, mind nagyobb területeken zavarják meg a természetes vízháztartási viszonyokat (LÁSZLOFFY 1969). A különböző mélyépítmények következtében a talajvízáramlás útja is megváltozhat.

WOLMANN (1965) hipotetikus városában minden 1 millió lakosra számítva naponta 625 000 tonna víz kerül be és szennyvízként 500 000 tonna távozik. Fokozódó gondként jelentkezik a nagy tömegű szennyvíz elhelyezése. A kikerülő szennyvíz negatív hatással van a környező (és sok esetben még a távolabbi) folyók és tavak vízminőségére. Budapesten naponta kb. 1 millió m<sup>3</sup> szennyvíz jut a Dunába (amelynek mindössze 4%-a tisztított — KATONA 1974 —), a prognózisok szerint 2000-re a szennyvíz mennyisége megkétszereződik.

A természetes ökoszisztémával szemben hiányzik a bejutó, többé-kevésbé szennyezett csapadéknak a talaj és a növényzet útján történő filtrációja.

Egy bükkös erdő-ökoszisztéma (MAYER 1971) a lehulló csapadék elem-tartalmára vonatkoztatva a kén 54%-át, a vas 90%-át, a nitrogén 78%-át, a kálium 69%-át és a magnézium 40%-át szűri ki.

WILBER és HUNTER (1977) adatai szerint a városokból lefolyó víz a csapadék elem-tartalmára vonatkoztatva a különböző fémeket (Cu, Ni, Cr, Zn, Pb) 10—27-szer nagyobb mennyiségben tartalmazza.

Az urbán-ökoszisztémának a talaj tömődöttsége ill. borítottsága, a csapadékvíz gyors elfolyása következtében nincs altalajvíz-megújító szerepe. A Nemzetközi Biológiai Program keretében végzett vizsgálatok szerint pl. egy közép-európai bükkösben a lehullott csapadék 28%-a gravitációs vízként kilép az ökoszisztémából (MAYER 1971). Hazai vizsgálataink szerint (KOVÁCS 1977) egy cseres-tölgyes erdő-ökoszisztéma 100 cm-es talajszintjéből a lehulló csapadéknak 13—21 %-a távozik.



1931—1960 között Frankfurt am Main környékén végzett vizsgálatok szerint évente a különböző erdőtársulások 1 m<sup>2</sup>-e 41—127 l talajvíz megújítására képesek.

### *Nagyvárosok talaja*

A város radikálisan átalakítja a felszínt és az eredeti talajszelvény helyén az ún. „kultúrszint” alakul ki, amely az idők folyamán több méteresre is vastagodhat, pl. London város szintje 100 évenként átlagban 30 cm-rel növekedett.

Számos régi város (Róma, Párizs) már ún. „kultúrdomb”-ot alkot. A nagyobb mennyiségű építési törmelék megnöveli a talaj mésztartalmát és pH-értékét (SUKOPP et al. 1973). A nagyvárosok a pedoszféra mélyebb szintjeibe is behatolnak (házak alapozása, csatornázás, metróépítés stb.). A városok talajai a következő fizikai és kémiai sajátosságokkal jellemezhetők:

- nagyfokú mechanikai tömődöttség és az ezzel járó
- oxigén-hiány
- lúgos kémhatás
- kis humusztartalom (vagy a humusz hiánya)
- a dekomponáló, lebontó szervek szinte teljes hiánya
- egyes elemek, tápanyagok hiánya
- a talaj eutrofizálódása (P-tartalom növekedése) ill. egyes elemek feldúsulása.

HUTCHINSON és WHITBY (1974) vizsgálatai szerint Sudnury (Kanada) város talaja nagy mennyiségben tartalmazta a következő nehézfémeket ill. elemeket: Cu, Ni, CO, Zn, Ag, Pb, Mn, Fe, Al, V, amelyek a növényekben is kimutathatók. Bruxelles centrumában a talajok 3—6-szor több ólmot, 3-szor több vasat, 20-szor több cinket és 1—4-szer több rezet tartalmaznak, mint a periferikus zónában (MAJERUS—DENAËYER—DE SMET 1974). Tokióban a talajok felső szintjében számos, az emberi egészségre is ártalmas elem halmozódik fel, mint az ólom, kadmium, higany stb. (MITSUDERA et al. 1977). A talajok ólom-tartalma normális körülmények között 0,1—20 ppm, a nagy gépkocsi-forgalmú helyeken ez a mennyiség a 100 ppm-t is meghaladja.\* Az ólom a talajba juthat még a szemét- és hulladéklerakással is, ahonnan az csak rendkívül nehezen mosódik ki (KLOKE 1977/78). A levegőszennyezettségről szóló fejezetben már említettük az ólom felhalmozódását az emberi szervezetben, az ember vérében. Az ólom bekerül a nagyvárosi táplálékláncba is. Az MTA Botanikai Kutatóintézete és az ELTE Állattrendszertani Tanszéke vizsgálatai szerint az ólom beépül a növény (fák alomja) — földigiliszta — feketerigó táplálékláncába. A feketerigó sternum-ában, comb- és sipesontjában valamint a karmokban mutatható ki az ólom felhalmozódása (107—127 ppm). Az ólom

\* Budapesten a Népligetben a Férihegyi repülőtérre vezető út mentén a felső talajszint ólomtartalma 125 ppm volt.

a nagyvárosi tápláléklánccal az emberi szervezetbe is bekerülhet. Helsinki parkjaiban az ehető kalaposgombák olyan mennyiségben tartalmazzák az ólmot (valamint a cinket és a kadmiumot) hogy azok már emberi fogyasztásra nem alkalmasak (LAAKSOVIRTA—ALAKUIJALA 1979).

Az utak téli sózásának hatása is kimutatható a talaj és az utcai sorfák leveleinek Na- és Cl-tartalmában.

A Fővárosi Közterületfenntartó Vállalat közlése szerint pl. 1976—77 telén Budapest útjainak jégmentesítésére 20 411 m<sup>3</sup> szóróanyagot juttattak ki, amelynek mintegy 50%-a konyhasó. Az egyes útfelületekre átlagban 160-180 g/m<sup>2</sup> szóróanyag jutott. Számos fafaj (*Platanus acerifolia*, *Tilia tomentosa*) leveleinek Cl-tartalma alapján következtetni lehet a téli sózás mértékére. Az intenzívebben sózott területek fájának leveleiben nagyobb mennyiségű Cl halmozódik fel, amelynek, a faj érzékenységtől függően, toxikus hatása van (levélnekrózis, korai lombhullás). Amíg a *Tilia tomentosa* és a *Platanus acerifolia* levelei 2—11 mg/g mennyiségű Cl-t tartalmaznak, a *Celtis occidentális* leveleiben mindössze 0,4—1,3 mg/g mutatható ki (KOVÁCS et al. 1977, TÖRÖK—KLINCSEK 1978).

A gázvezetékek sérülésekor (világítógáz) CO<sub>2</sub>, HCN, H<sub>2</sub>S, metán, xylol, toluol, etilén jut a talajba. A talajba kerülő földgáz hatására a Fe<sup>3+</sup> és a MnO<sub>2</sub> redukálódik és a baktériumok növekvő oxigén-felhasználásával párhuzamosan a Mn<sup>2+</sup> százalékos aránya is növekszik (RUGE 1978). A földgáz talajszennyező hatása az utcai sorfák leveleinek nagyobb Mn-tartalmában is mérhető. Budapesten ilyen földgáz-szennyezett helynek tekinthető a Bajcsy-Zsilinszky út környéke (TÖRÖK 1979).

#### *A nagyvárosok élővilága, zöldterülete*

Az urbanofil biocönózisok (DUVIGNEAUD — 1974 — alapján) a következők:

- reliktum biocönózisok, az egykori természetes és félkultúr vegetáció maradványfoltjai, amelyek fokozatosan szinatropizálódnak,
- urbanofil biocönózisok (különböző ruderalis gyomtársulások),
- antropogén biocönózisok, amelyek alkalmazkodtak a városi körülményekhez (parkok, útmenti fasorok továbbá ezek állatfajai, mint a fekete rigó, veréb, széncinke stb. Ide sorolhatók továbbá a lakások, pincék állatai is, mint a *Cimex lecturalis*, *Musca domestica*, *Mus musculus*, *Porcellio scaber*, *Oniscus asellus* stb.)
- periferikus biocönózisok (peri-urbán zöldterület), amelyek a város fokozatos terjedése következtében szigetszerűen maradnak fenn,
- jövő-menő populációk, a madarak populációi, amelyek a városban táplálkoznak és éjszakára a periferiára térnek vissza (balkáni gerle, vetési varjú stb.)



A városok növényei, zöldfelületei a teljes energiaáramlásban kis szerepet játszanak — ellentétben a természetes ökoszisztémákkal — de a sugárzási viszonyok, az energiamérleg, továbbá a lokálklimatikus viszonyok kedvezőbb alakulásához szükséges a megfelelő területnagyságú zöldfelület kialakítása. Irodalmi adatok szerint (MIESS 1974) Egy lakosra 15—20 m<sup>2</sup> nagyságú zöldfelület a kívánatos. A nagyvárosokban (Bruxelles, DUVIGNEAUD—DENAÏYER-DE SMET 1977) az aktív fotoszintetikus sugárzás (RPA: Radioatin photosynthetiquement actives) 0,7%, míg a közép-európai lombos erdőkben ez az arány 1,2%. A nagyvárosi zöldterületek (park, sportpálya, temető stb.) évi netto produkcióját 7—10 tonna/ha-ra becsülik (DUVIGNEAUD—DENAÏYER-DE SMET 1977). Egy közép-európai lombhullató erdő évi netto produkciója 9—13 tonna/ha.

A zöld növényzetnek fontos szerepe van a nagyvárosi oxigén-széndioxid mérleg alakulásában is. A tiszta levegő CO<sub>2</sub>-tartalma 310—330 ppm, a szennyezett nagyvárosi levegőé pedig 350—700 ppm (GEORGI 1972, cit. in MIESS 1978). A zöld növényzet nagyobb mennyiségű CO<sub>2</sub> abszorbeálására és transzformálására is képes. Becsléseink szerint Budapest 644 000 utcai sor- és parkfája évente 10×10<sup>3</sup> tonna CO<sub>2</sub>-t használ fel és 7×10<sup>3</sup> tonna O<sub>2</sub>-t produkál.

#### *A növényzet terhelése a nagyvárosokban és az agglomerátumban*

A nagyváros és az agglomerátum nagymértékű környezetalakító hatása megváltoztatja a terület növény- és állatvilágát, egyre inkább fokozódik az agglomerátum természetes biocénózisainak terhelése. Budapest agglomerátum 1300 fajából az utolsó 100 évben több mint 100 faj halt ki vagy tűnt el (7%), és több mint 80 faj (6%), olyan, amely veszélyeztetett ill. közvetlen kipusztulása rövid időn belül megtörténhet (KOVÁCS—PRISZTER 1974). Az európai nagyvárosok körzetében hasonlóan nagyméretű a fajszámcsökkenés: Stuttgart 4%, Berlin 12%, Frankfurt am Main 17%, Berlin területén 1859 óta 114 faj tűnt el (SUKOPP 1971). Növekszik a populációk szelekciós nyomása és csökken a fajok genetikai variabilitása. Az eredeti ökoszisztémák eltűnnek és az antropogén termőhelyen új ökoszisztémák jelennek meg. Így mindinkább beépítésre kerülnek a Pesti síkság homokpusztái is. Rendkívül nagy mértékű a hínár-, nádas-, magassásos-társulások, mocsár- és láprétek területének, növény és állatfajainak a csökkenése. Az idetartozó növényfajok 26%-a (!) tűnt el és további 20% veszélyeztetett. A kipusztult állatfajok között említhető egy evezőlábú rákfaj (*Diaptomus Kuppewieseri*) és az édesvízi kagylósrák (*Hungarocypris Madarászi-vö.* PÉNZES 1942, LOKSA 1958).

Az őshonos fajok kipusztulásával párhuzamosan egyre nagyobb teret hódítanak az adventív növények, az utóbbi évszázad folyamán mintegy 60 növény hurcolódott be Budapest flórájába, 5%, ami nagyjából megközelíti az azóta kipusztult fajok számát ill. arányát. Ezeknek az adventíveknek a leg-

többje a ruderalis területek gyomja: városi vagy városszéli szemetes helyek, házak, kerítések, utak mente, feltöltött és romos területek, gyárak és pályaudvarok rakodóterületei, ritkábban a többé-kevésbé elhanyagolt parkok alkotják e fajok lelőhelyeit. E helyek legtöbbje erodált vagy nitrogénben gazdag terület, ahol a rendszerint erős vitalitású gyomok megtelepedésének és elterjedésének kevés, vagy semmi sem áll az útjában (KOVÁCS—PRISZTER 1974). A nagyvárosok adventív növényei között — a sajátos városklíma miatt — sok a déli eredetű, mediterrán és szubmediterrán növény. FALINSKI (1971) adatai szerint a hemerochor fajok (amelyek az ember direkt vagy indirekt segítségével jutnak a területre) aránya a nagyvárosokban 50—70%, a falvakban 30%.

Nagymértékű a városok ún. zöldfelületének a csökkenése is, így Budapesten az utóbbi 30 évben a budai oldalon a beépítések következtében több mint egyharmadával csökkent a zöldterületek (erdő, park) nagysága. A budai hegyvidék erdőterületeinek összezsugorodása következtében az erdei növények fajszáma is mintegy 3—4%-kal csökkent és a növekvő terhelés (további beépítés, parcellázás, tömegturizmus, hulladék-lerakás stb.) hatására a fajszámok még nagyobb mértékű csökkenése ill. az erdőtársulások szinatropizációja várható.

A városok parkjainak, útjainak fái eredetileg a különböző erdőtársulások fajai voltak és eredeti biotópjukkal szemben új helyükön teljesen megváltozott ökológiai körülmények vannak. A fákat károsító faktorok a következők: a talaj fedettsége, tömödöttsége, mykorrhizák hiánya, oxigén-hiány, talajvízszint-süllyedés, sérült vezetékekből kiáramló földgáz, gyökerek mechanikai sérülése, víz- és tápanyaghiány, olaj és a szorósó káros hatása, immissziós terhelés stb. Az említett tényezők komplex hatásaként a fák túlélési arány csökken.

A sajátos városklímára a fák fenológiaiilag és fiziológiaiilag reagálnak. A városcentrum 1 °C-al melegebb volta következtében az utcai sorfák kb. 1 héttel korábban virágoznak. A fák légzési intenzitása megnő, az asszimilációs tevékenység csökken (MOLSKI 1978). A fák szövettanilag is károsodnak, csökken a kambium-aktivitás, az évgyűrűk kisebbek (HÖSTER 1977). Mindezek kihatnak a fák növekedésére és végső soron a túlélési arányukat is meghatározzák.

A periferikus erdők, parkok, utcai sorfák egyik alapvető szerepe (az oxigén-produkció, pormegkötés, zajhatás csökkentése stb. mellett) az emberi egészségre ártalmas szennyező anyagok, nehézfémek abszorbeálása, akkumulálása és esetleges transzformálása. A különböző légszennyező anyagokat, mint a széndioxid, szénmonoxid, ózon kéndioxid és a nitrogénoxidok stb. az egyes növények, fafajok az eliminációs hatékonyságuktól függően abszorbeálják, felhalmozzák és transzformálják. A növények szervezetében nem transzformálódó szennyező anyagokkal, nehézfémekkel (fluor, ólom stb.) kapcsolatban fokozott veszélyt jelent a táplálékláncba való bekerülésük lehetősége.



A nagyvárosok levegő- és talajviszonyai tárgyalásánál utaltunk a különböző toxikus elemeknek, nehézfémeknek a felhalmozódására ill. ennek veszélyére. A nagyvárosok fái képesek ezek akkumulálására és a levélben felhalmozódott elemek ilyen módon rendszeresen eltávolíthatók az urbán-ökoszisztémából.

Budapest leggyakoribb utcai sorfáinak (*Platanus acerifolia*, *Tilia tomentosa*, *Celtis occidentalis*) levélmintáiban a Központi Fizikai Kutatóintézet laboratóriuma (Opauszky, I.) 35—39 elemet mutatott ki. A kontroll-területtel szemben (vác-rátóti arborétum) a *Tilia tomentosa* levelében a nikkel, a *Celtis occidentalis* levelében pedig még további három elem (kobalt, gallium, neodimium) volt kimutatható. Az említett elemek jelenléte, továbbá az ólom, lantán, bárium, ón, ezüst, molibdén, rubidium, bróm, cink, bór, nagyobb mennyiségben való előfordulása feltételezhetően az urbanum környezeti sajátágaival (levegő- és talajszennyezés) van összefüggésben.

A városi környezet hatására a *Tilia tomentosa*, *Platanus acerifolia* és a *Celtis occidentalis* leveleiben a vác-rátóti kontroll-terület mintáival szemben Török vizsgálatai (1979) szerint a következő elemek halmozódnak fel nagyobb mennyiségben: Pb, Zn, Fe, Cl, Na, Cu, Mn, Sr. Néhány — alapvető makrotápelem mint a N, K, Ca, Mg, P, és a S (nagyfokú háttérszennyeződés) azonos mennyiségben fordul elő a vizsgált fajok leveleiben a nagyvárosban és a periferikus területen.

A *Celtis occidentalis* fajspecifikus sajátága a nehézfém-akkumuláció, és egyes elemeket a környezet kémiai sajátosságaitól függően nagyobb mennyiségben is képes felhalmozni. Ez a faj, amely a nagyváros kedvezőtlen ökológiai feltételeihez jól alkalmazkodik, meghatározott elemek, nehézfémek előfordulása a biológiai indikátorként felhasználható, továbbá mint biológiai akkumulátor alkalmas arra, hogy alomja összegyűjtésével évente rendszeresen meghatározott mennyiségű nehézfém eltávolítható legyen az urbán-ökoszisztémából.

A nagyvárosok és agglomerátumaik a bioszférából — a félkultúr — és kultúr-ökoszisztémák rovására — az urbanizáció mértéke és foka szerint mind nagyobb területet tesznek az ember tevékenysége által meghódított területté, nooszférává. Ezeken a területeken a sajátos anyag- és energia-forgalom következtében, az egyre növekvő importáció és exportáció mellett számos, az élővilágra káros nehézfém, peszticid stb. akkumulálódásával kell számolni.

A nagyvárosok távlati fejlesztési tervénél mind fokozottabban szükséges felmérni az ún. urbán-ökoszisztéma belső sajátosságait, törvényszerűségeit, valamint a sajátos anyag- és energia-forgalom minden várható következményét.

## IRODALOM

- AUERMANN, E.—HEIDEL, G.—JACOBI, J.—KNEUER, M.: Stichprobenuntersuchungen über den Grad der Bleibelastung der Bevölkerung der Stadt Bautzen. *Zeitschr. für die gesamte Hygiene und ihre Grenzgebiete* **23**, 540—552 (1977).
- BACSÓ, N.: Budapest és környékének éghajlata. In: Pécsi, M.—Marosi, S.—Szilárd, J. (szerk.) Budapest természeti képe. Budapest 645—664 (1958).
- BOURGÉAY, M.—PERRIN, J. F.: A propos de la pollution en milieu urbain et du rôle biologique des espaces vert. *Revue de l'Institut Pasteur de Lyon*, **3**, 235—244 (1975).
- DAJOZ, R.: Précis d'écologie. Paris 1—434 (1971).
- DOXIADIS, C. A.: Ecology and ekistics. London 1—91 (1977).
- DUVIGNEAUD, P.: L'écosystème „urbs”. Études écologiques de l'écosystème urbain bruxellois. Contib. 1. *Mém. Soc. roy. Bot. Belg.* **6**, 5—35 (1974).
- DUVIGNEAUD, P.: La synthèse écologique. Paris 1—296 (1974).
- DUVIGNEAUD, P.: Structure, biomasses, mineralomasses, productivité et captation du plomb dans quelques associations rudérales. Contib. 6. *Bull. Soc. roy. Bot. Belg.* **108**, 93—128 (1975).
- DUVIGNEAUD, P.—DENAÏYER-DE SMET, S.: L'écosystème urbs, l'écosystème urbain bruxellois. In: Duvigneaud, P.—Kestemont, P. (ed.): Productivité biologique en Belgique. Paris—Gembloux 581—599 (1977).
- EL-BASSAM, N.: Anreicherung und Verlagerung von Cadmium in Böden durch Zufuhr kommunaler Siedlungsabfälle. *Landw. Forsch.* **30**, 215—220 (1977).
- FALINSKI, J.: (ed.): Synatropisation of plant cover II. Synatropis flora and vegetation of towns connected with their natural conditions history and function. *Mater. Zakl. fitosoc. stos. U. W.* **27** (1971).
- GAJDOS, J.—KOLLÁR, K.—SZABÓ, M.—FEKETE, M.: Ülepedő por fémtartalmának polarográfias vizsgálata. *Budapesti Közegészségügy* **10**, 112—114 (1978).
- HÖSTER, H. R.: Veränderungen der Holzstruktur als Indikator für Umweltbelastungen bei Bäumen. *Ber. Dtsch. Bot. Ges.* **90**, 253—260 (1977).
- HUGHES, M. K.: The urban ecosystem. *Biologist* **21**, 117—127 (1974).
- HUTCHINSON, T. C.—WHITBY, L. M.: Heavy metal pollution in the sudbury mining and smelting region of Canada I. Soil and vegetation contamination by nickel, copper and other metals. *Environm. Conserv.* **1**, 123—132 (1974).
- KATONA, S.: A környezetet érő antropogén hatások értékelése a Budapest agglomerációban. *Földrajzi Értesítő* **25**, 333—352 (1976).
- KLOEKE, A.: Zur Belastung von Böden und Pflanzen mit Schadstoffen in und um Ballungsbecken. *Berichte über Landschaft* **55**, 633—639 (1977/78).
- KOVÁCS, M.—KLINCSEK, P.: A cementpor hatása az útmenti fákra. *Botan. Közlem.* **61**, 71—76 (1974).
- KOVÁCS, M.—PRISZTER, Sz.: A flóra és a vegetáció változása Magyarországon az utolsó száz évben. *Botan. Közlem.* **61**, 185—197 (1974).
- KOVÁCS, M.: Tápanyag-transzport vizsgálata a talajban az 1974—75—76 években. Kézirat (1977).
- KOVÁCS, M.—KLINCSEK, P.—TÖRÖK, K.—PODANI, J.: A sófelhalmozódás vizsgálata főváros útjainak sorfáin. Szerződéses munka jelentése. Kézirat 1—28 (1977).
- KOZMA, A.—TÖLGYESI, Gy.: Urbanizációs tényezők okozta bórfehérítés vizsgálata Budapest-Kelenföld—Sashegyi területeken vadontermő pázsitfű és pillangós virágú növényfajokban. *Botan. Közlem.* **65**, 29—38 (1978).
- LAAKSOVIRTA, K.—ALAKULJALA, P.: Lead, cadmium and zinc contents of fungi in the parks of Helsinki. *Ann. Bot. Fennici* **15**, 253—257 (1978).
- LÁSZLÓFFY, W.: A városiasodás vízgazdálkodási vonatkozásai. *Vízügyi Közlem.* 435—451 (1969).
- LOKSA, I.: Budapest és környezetének állatvilága. In: Pécsi, M.—Marosi, S.—Szilárd, J. (szerk.). Budapest természeti képe. Budapest 645—664 (1958).
- MAYER, R.: Bioelement-Transport im Niederschlagwasser und in der Bodenlösung eines Wald-Ökosystems. *Göttinger Bodenkundl. Berichte* **19**, 1—119 (1971).
- MAYER, H.: Die menschliche Wärmebilanz im Sommer in einer Wald-, einer Stadt- und einer Meeresküstenatmosphäre. *Arch. Mat. Geoph. Biokl. Ser. B.* **25**, 187—189 (1977).
- MAJERUS, P.—DENAÏYER, DE SMET, S.: L'analyse foliaire de métaux lourds en tant qu'indicateur de pollution urbaine. Contib. 4. *Mém. Soc. roy. Bot. Belg.* **6**, 71—84 (1974).
- MIESS, M.: Planungsrelevante und kausalanalytische Aspekte der Stadtklimatologie. *Land-schaft + Stadt* **1**, 9—16 (1974).
- MIESS, M.: Die Stadt in der Ökokrise. *Garten Landschaft* **11**, 689—697 (1975).



- MIESS, M.: Umweltökologische Aspekte städtischer Siedlungsräume. In: Meyer, F. H. et al. (red.) *Bäume in der Stadt*. Stuttgart 45—82 (1978).
- MITSUDERA, M.—SUGAWARA, J.—NOUCHI, I.—KARAKAMI, K.: Influences of urban activities on natural environments. In: Numata, M. (ed.). *Tokyo-Project. Interdisciplinary studies of urban ecosystems in the metropolis of Tokyo*. Chiba. 6—35 (1977).
- MOLSKI, E.: Fafajok fejlődése a varsói agglomerátumban. In: Terpó, A. (red.). *A fák és a város*. Budapest 117—126 (1978).
- NUMATA, M.: Studies of the structure and dynamics of urban ecosystems in the metropolis of Tokyo. In: Numata, m. (ed.). *Tokyo-Project. Interdisciplinary studies of urban ecosystems in the metropolis of Tokyo*. Chiba. 1—5 (1977).
- PÉCSI, M.—KATONA, S.: Long-term development of the Budapest agglomeration — an evaluation of the physical-geographical potentials. In: Enyedy, Gy. (ed.). *Urban development in the USA and Hungary*. Budapest 213—229 (1978).
- PÉNZES, A.: Budapest élővilága. Budapest 1—236 (1942).
- PLASS, G. N.: Carbon dioxide and climate. *Sci. Am.* 201 (1959).
- PRINZ, B.—SCHOLL, G.: Erhebungen über die Aufnahme und Wirkung gas- und partikelförmiger Luftverunreinigungen im Rahmen eines Wirkungskatasters. *Schriftenr. der Landesanstalt für Immissions- und Bodennutzungsschutz des Landes Nordrhein-Westfalen in Essen*. 36, 62—86 (1975).
- PROBÁLD, F.: Területi különbségek Budapest éghajlatában. *Földrajzi Közlem.* 21, 229—250 (1973).
- PROBÁLD, F.: Air pollution and the urban climate of Budapest. In: Pécsi, M.—Probáld, F. (ed.). *Man and Environment. Studies in Geography in Hungary* 11, 191—196 Budapest (1974).
- PROBÁLD, F.: The problems of air quality in Budapest. In: Enyedy, Gy. (ed.). *Urban development in the USA and Hungary*. Budapest 253—260 (1978).
- REVELLE, R. R.: Energy and climate. *Environ. Conserv.* 5, 81—91. (1978).
- RUGE, U.: Physiologische Schäden durch Umweltfaktoren. In: Mayer, F. H. et al. (red.). *Bäume in der Stadt*. Stuttgart 121—181 (1978).
- SUKOPP, H.: Über den Rückgang von Farn- und Blütenpflanzen. In: Olschowy, G. (red.). *Belastete Landschaftgefährdete Umwelt*. München 3—14 (1971).
- SUKOPP, H.—KUNICK, W.—RUNGE, M.—ZACHARIAS, F.: Ökologische Charakteristik von Grossstädten, dargestellt am Beispiel Berlins. *Verhandl. der Ges. für Ökologie, Saarbrücken* 383—403 (1973).
- TÖRÖK, K.—KLINCSEK, P.: Fontosabb fafajok viselkedése az utak téli sózásával szemben Budapest belvárosában. *Kertgazdaság* 10, 61—68 (1978).
- TÖRÖK, K.: Budapest sorfáinak elemtartalom vizsgálata. Doktori értekezés. (ELTE TTK Növényrendszertani és Ökológiai Tanszék, Budapest — MTA Botanikai Kutatóintézete, Vácrátót 1—122 (1979).
- WILBER, W. G.—HUNTER, J. V.: Aquatic transport of heavy metals in the urban environment. *Water Res. Bull.* 13, 721—734 (1977).
- WOLMAN, A.: The metabolism of cities. *Sci. Am.* 213, 180—190 (1965).
- Rapport n° 13 de la série des rapports du MAB. Programme sur l'homme et la biosphère (MAB). Aspects écologiques de l'utilisation de l'énergie dans les systèmes urbains et industriels. Paris 1—99 (1974).
- Rapport n° 31. Série des rapports du MAB. Programme sur l'homme et la biosphère (MAB). Groupe de concentration sur la recherche écologique intégrée sur les établissements humains, dans le cadre du projet 11, Paris 1—75 (1977)