

A fenntartható energiagazdálkodás felé vezető út Erre van előre! - Vision 2040 Hungary 2.0



A fenntartható energiagazdálkodás felé vezető út
Erre van előre! – Vision 2040 Hungary **2.0**

dr. Munkácsy Béla (szerk.)

ELTE TTK, Környezet- és Tájföldrajzi Tanszék
Környezeti Nevelési Hálózat Országos Egyesület

2014

A fenntartható energiagazdálkodás felé vezető út

Erre van előre! – Vision 2040 Hungary **2.0**

Lektorálták:

Dr. Csüllög Gábor (adjunktus, a földrajztudományok doktora – ELTE TTK)

Dr. Dóry István (docens, biofizikus, a biológia tudományok kandidátusa – NYME TTMK)

Livo László (okl. bányamérnök, geotermikus szakmérnök, az MTA kutatómérnöke)

Harmat Ádám (okl. geográfus, megújuló energia szakértő – ELTE TTK): kivéve 9. fejezet

Dr. Munkácsy Béla (adjunktus, a földrajztudományok doktora, okl. környezetmenedzser – ELTE TTK): 3., 7., 8., 10.1 és 10.2 fejezetek

Készült az

ELTE TTK, Környezet- és Tájföldrajzi Tanszék „Erre van előre” kutatócsoportja

és a Környezeti Nevelési Hálózat Országos Egyesület

gondozásában, 2013-2014-ben

1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C

e-mail: munkacsy.bela@ttk.elte.hu

A borítóoldal Kovács Krisztina munkája

A kiadásért felel az „Erre van előre” kutatócsoport vezetője

ISBN 978-963-284-362-9

Tartalomjegyzék

Bevezető - A tanulmánykötet létrehozásának szükségességéről.....	3
Küldetésnyilatkozatunk	8
1. A megújuló energiára alapozott energiatervezésről	9
2. A Vision 2040 Hungary 2.0 energiaforgatókönyv készítésének háttere.....	15
3. Magyarországi helyzetkép	21
3.1 A hazai energiagazdálkodásról dióhéjban	21
Energiamérleg	21
Energiaforrások	22
Elsődleges energiafelhasználás	25
Villamos energia.....	26
3.2 Helyzetkép a magyar energiatervezésről	32
A tervezés fontossága	32
Tervtípusok	33
Általános tervezési keret és módszer	34
A magyar stratégiák	37
Javaslatok	40
3.3 Hivatalos jövőképünk – a Nemzeti Energiastratégia értékelése	42
Helyzetértékelés, peremfeltételek.....	42
Jövőkép	42
Primer energia.....	43
Villamos energia.....	44
Hőenergia.....	48
Közlekedés	49
Összegzés.....	51
4. Nemzetközi kitekintés	52
4.1 A Zero Carbon Britain projekt – a jövő újraértelmezése.....	52
Powerup, avagy az energiatermelés átalakítása	56
A szén-dioxid leválasztásának és tárolásának (CCS) illetve az atomenergia alkalmazásának megítélése	58
Társadalmi szerepvállalás a szemléletváltásban	58
Politikai és gazdasági keretek	58
4.2 Paradigmaváltás a német energiapolitikában.....	60
Energia koncepció és energiaátállás.....	61
Megújulók a német villamosenergia-termelésben.....	64
Németország atomenergia nélkül	68
Megújuló energiák finanszírozása és támogatása.....	0
Összefoglalás	0
5. Problémák és lehetőségek az energiagazdálkodásban	75
5.1 A decentralizáció lehetőségei az energiagazdálkodásban	75
Bevezetés – a jelenlegi hazai centralizált energiarendszer jellemzői.....	75
A decentralizált (elosztott) energiatermelés.....	78
A helyi gazdaság fejlesztése – avagy a helyi adottságok jobb kihasználása a regionális energiatermelés előmozdítása révén.....	79
Emberi tényező az intelligens energiarendszerben.....	80
A szabályozás	81
A rendszerirányítás	82

Új filozófia a rendszerszabályozásban: a „rugalmas energiarendszer” dán modellje	83	A megújuló energiatermelés előnyei, a környezeti externáliák figyelembe vétele	168
Az energiarendszer sarokköve, a tárolás: lehetőségek és kihívások	87	Az ösztönző rendszerek szükségessége és két fő típusa	171
A villamos energia tárolása	87	EU-szintű kitekintés	175
5.2. Az életmód és a mértékletesség problematikája az energiagazdálkodásban	98	Összegzés, az ideális ösztönző rendszer	178
5.3. Az épületekben rejlő energiahatékonysági potenciálok	103	8.3 Szemelvények az energiagazdálkodás természeti korlátainak tárgyköréből	180
6. A fenntartható közlekedés felé vezető út	115	A környezet terhelése a bemeneti oldal szempontjából	180
6.1 A közlekedés problematikája komplex megközelítésben.....	115	A környezet terhelése a kimeneti oldal szempontjából	188
Személyi közlekedés.....	117		
6.2 A városi közösségi közlekedés újragondolása	123		
6.3 A kerékpáros közlekedésben rejlő lehetőségek	126		
7. Hazai megújuló potenciálok és hasznosításuk jövőképünkben.....	143		
A megújuló energiaforrások felhasználása forgatókönyvünkben – áttekintés	149		
8. Kihívások és akadályok – avagy mely tényezők befolyásolják a forgatókönyv megvalósítását?	153		
8.1 A fenntartható energiagazdálkodás pszichológiai akadályai és járható útja	154		
Az öko logikus.....	159		
A fenntarthatóság felé vezető út	162		
Társadalmi paradigmaváltás	164		
Összegzés	166		
8.2 A megújuló energia térnyeréséhez szükséges ösztönzési, szabályozási háttér.....	168		

Bevezető - A tanulmánykötet létrehozásának szükségességéről

A villamos áram és a hőenergia a „civilizált” társadalmakban – kis túlzással – az ivóvízzel és a táplálékkal egyenértékű életfeltételek. Éppen ezért a kellően felkészült döntéshozók számára a fosszilis energiahordozók megfogyatkozásának problematikája és az energiaszektor már-már elviselhetetlen környezetterhelése olyan természettudományos felismerések és egyben figyelmeztető jelek, amely **az energetikai önellátás** felértékelődésének és a környezetkímélő megoldások irányába mutat. Az energiaszektor tehát egyre inkább olyan stratégiai ágazattá válik, amelynek biztonsága és függetlensége kulcsfontosságú, életbevágó. Számos egyéb mellett ez a legfőbb magyarázata annak, hogy a legtöbb észak- és nyugat-európai ország egy olyan energiaforradalom kellős közepén tart, amely a helyben rendelkezésre álló megújuló energiaforrások felhasználását és az energetikai hatékonyság radikális javítását preferálja. Ennek alátámasztására szolgáló adat, hogy 2000 és 2013 közötti időszakban a 105 GW szélenergiát és 80 GW napelem-kapacitást telepítettek, ugyanakkor 13 GW atomerőművi, 19 GW szénalapú és 24 GW olajtüzelésű kapacitást (EWEA 2014) vontak ki az EU-ban (összehasonlításként a paksi atomerőmű kapacitása 2 GW).

Mindeközben Magyarországon energetikusaink jó része az atomerőmű-építés, döntéshozóink az aktuális választások elé időzített rezsicsökkentés lázában égnék. Ez különösen a fentiekben felvillantott azon energiaforradalom fényében kellene elgondolkodtató legyen, amely során az úgynevezett „fejlett térség” egyre határozottabban fordul az ezzel gyökeresen ellentétes, fenntartható, új megoldási irány felé. Az atomenergiában ma már leginkább csak a környezeti szempontokat kevésbé mérlegelő fejlődő országok látnak fantáziát. A természeti erőforrások, illetve az ezekből nyerhető szolgáltatások (mint az áram vagy a hő) ára pedig a

korlátosan rendelkezésre álló készletekkel összefüggésben a természettudomány és a közgazdaságtudomány törvényei szerint mindenhol emelkedik. Ezen energia- és környezetpolitikai aktualitások kapcsán merül fel a kérdés, hogy lehetséges-e a magyarországi természeti adottságokat figyelembe véve, egy környezeti szempontból fenntarthatóan működő energiarendszert létrehozni. **Lehetséges-e a súlyosan környezetterhelő és komoly biztonsági kockázatokat jelentő atomenergia és fosszilis alapú technológiák mellőzésével,** megújuló alapon ellátni a hazai energiaigényeket?

2007-től folyó munkánk első gyümölcseként **2008**-ban publikáltuk azt a tanulmánykötetünket, amely **Az energiagazdálkodás és az emberi tényező** címmel az energiagazdálkodás és -tervezés társadalomtudományi összefüggéseire hívta fel a figyelmet. **2011**-ben jelent meg kutatócsoportunk **első hosszútávú energiaforgatókönyve**, amelyben arra a kérdésre kerestük a választ, hogy hogyan valósítható meg egy környezeti szempontok szerint működő energiarendszer. Határozott véleményünk már akkor is az volt, hogy egy fenntartható energiarendszer 2040-ig létrehozható és működtethető lenne a magyarországi természeti és környezeti adottságokhoz igazítva – ráadásul társadalmi léptékben, minden költséget figyelembe véve – lényegesen olcsóbban, mint bármely más megoldás. A választás meghatározóan **szemléletmód, értékrend, ismeretek, etikai összefüggések és a fentiek alapján végeredményben politikai döntés kérdése.**



1. ábra: Műhelymunka – Paul Allen (Centre for Alternative Technology – Zero Carbon Britain) és Gunnar Boye Olesen (INFORSE-Europe), valamint kutatásunk vezetője egy műhelymegbeszélésen (fotó: Kovács K.)

Jelen tanulmánykötetünk ennek az első koncepciónak csupán kiegészítése, bővítése és pontosítása. Megközelítésmódunkat továbbra is az jellemzi, hogy a felvázolt koncepció egyfajta „best case scenario”, amely elsősorban a döntéshozatali szempontok tekintetében feltételez egy, a maihoz képest

gyökeresen eltérő hozzáállást. A döntések kapcsán ugyanis véleményünk szerint egy természeti meghatározottságra volna szükség, vagyis a jelenleginél lényegesen alaposabb természettudományos ismeretekre, valamint a 4-5 éves politikai ciklusokon átívelő hosszú távú gondolkodásra, illetve globális léptékű kitekintésre.

Motivációnkat az adott probléma megoldásának vágya, belső kényszere jelenti. Kutatási kérdésünk tehát úgy merül fel, hogy vajon **miképpen** állítható át egy adott ország energiagazdasága önellátásra, a jelenleginél lényegesen kisebb környezetterhelésre, vagyis fenntartható energiatermelésre. Ahhoz szeretnénk támpontokat adni, hogy az energiarendszer által okozott problémák megoldásának, a továbblépésnek melyek lehetnek a fő irányai. Ezzel szemben hazánkban gyakori az a fajta megközelítés, amelyben azt vizsgálják, hogy **vajon milyen akadályai vannak** egy efféle átmenetnek. Ezt azért is lényegesnek tartjuk, mert az elmúlt években minden eddig felülmúló mértékben fokozódott az atomerőművet építeni szándékozó erők nyomása, ráadásul oly módon, hogy

- a) más, konkurens megoldásokat érdemben nem vizsgáltak;
- b) stratégiánk a fenntarthatóság három pillére közül éppen a legfontosabbat, a környezeti szempontrendszert hagyták figyelmen kívül;
- c) a műszaki és gazdasági szempontrendszert is csak igen konzervatív, 20. századi megközelítésben vették számításba, mellőzve a legújabb nemzetközi fejlődési tendenciákat.



2. ábra: A 2013. február 1-jén tartott műhelymunkánk résztvevői (fotó: Munkácsy B.)

Jelen kiadványunk egy évek óta tartó, egyre szélesedő együttműködés eredménye. A munka egyik motorja a **Környezeti Nevelési Hálózat Országos Egyesület**, amely évek óta foglalkozik a fenntartható energiagazdálkodásra történő átállás elméleti és gyakorlati vonatkozásaival. Az egyesület az **International Network for Sustainable Energy (INFORSE) – Europe**, valamint a kutatói és civil csoportok közötti együttműködést célzó **Low Carbon Societies Network** magyarországi tagszervezete. A civil szervezet **Az energiagazdálkodás és az emberi tényező** címmel 2008-ban jelentetett meg egy kötetet, amelyben – főként külföldi tanulmányok magyar nyelvű változatainak közreadásával – az elkerülhetetlen paradigmaváltás társadalomtudományi aspektusaira igyekezett a figyelmet felhívni.

A másik meghatározó résztvevő az **ELTE Környezet- és Tájföldrajzi Tanszéke**, ahol 10 esztendeje folyik fenntartható energiagazdálkodással kapcsolatos képzési tevékenység – meghatározóan skandináv tudományos műhelyek szellemiségére építve. Mára 4 egymásra épülő kurzus (**Fenntartható energiagazdálkodás I. és II.** [az alapozás]; **Tervezés és stratégiaalkotás az energiagazdálkodásban** [az energiatervezés elmélete]; **Korszerű energiagazdálkodás a területi tervezés tükrében** [az energiatervezés és a térbeliség kapcsolatrendszer az energiatervezés gyakorlatának szemszögéből]) keretében mélyíthetik el ismereteiket a graduális képzésben részt vevő hallgatók, akiknek aktív részvétele nélkül ez a kötet sem születhetett volna meg. Ugyancsak fontos szerepet játszott a munkában az

INFORSE-Europe, amelynek szakmai támogatása leginkább a szoftveres háttérmunkálatok kidolgozása során volt meghatározó.



3. ábra: 2013. február 5-i műhelybeszélgetésünk néhány résztvevője (fotó: Munkácsy B.)

Lényeges tényezőként említhetjük meg, hogy jelen kötetünk megírásában a fent említetteken kívül számos további kiváló szakember vett részt, ezzel csatlakozva ahhoz a fejlett térségben már általános – ám hazánkban még kevésbé elterjedt – trendhez, amelyben az energiatervezés komplex feladatának végrehajtásába nem csak energetikusokat, de a tudomány számos más területét képviselő kutatót, közöttük fiatalokat is bevonnak.

Az **Erre van előre első változatának** eredményeit az elmúlt években számos hazai és nemzetközi fórumon publikáltuk (így például Sáfián F. 2012; Sáfián F. 2013; Munkácsy B. et al. 2012), megszámlálhatatlan előadáson – így többek között a Magyar Tudományos Akadémia, a Nemzetstratégiai Kutatóintézet, a Nemzetközi Szélenergia Társaság (EWEA) és az INFORSE-Europe rendezvényein – számoltunk be róla. A tapasztalatok és visszajelzések alapján kijelenthetjük, hogy ezt a dokumentumot több szakmai műhely tekinti

vitaalapnak, egy olyan kiindulási pontnak, amelynek segítségével megkezdődhet a legszélesebb értelemben vett „érdekelte csoportok” egyfajta diskurzusa. Célunk, hogy maga a téma, vagyis **a megújuló energiaforrásokra alapozott fenntartható energiagazdálkodás** lényegesen nagyobb teret kapjon a különféle szakmai fórumokon és a napi híradásokban egyaránt.

Végezetül lényeges említést tenni arról, hogy több éves munkánk hajtóereje kizárólagosan a lelkesedés és a szakmai elhivatottság. Kutatócsoportunk semmiféle pénzügyi támogatást nem vett igénybe a 2009 óta folyó kutatási munka során. Ezzel egyfelől **szakmai függetlenségünket** kívánjuk biztosítani, másfelől érzékeltetni szeretnénk, hogy igenis lehetséges – bár nem könnyű – magas színvonalú munkát végezni állami támogatások, pályázatok, vagy az ipari-energetikai érdekcsoportok anyagi támogatása nélkül is. A fentiekre hivatkozva **különleges köszönettel tartozom a kutatás résztvevőinek, és a kiadvány létrehozásában részt vevő minden kollégának kitartó és lelkiismeretes munkájáért**, valamint **Dr. Csüllög Gábor, Dr. Dőry István, Livo László és Harmat Ádám** szakmai lektoroknak, akik értékes észrevételeikkel támogatták kutatásunk eredményeinek publikálását! Köszönet illeti **Sáfián Fanni** műhelymunkák szervezésében nyújtott támogatását és **Kovács Krisztina** szerkesztőasszisztensi és nyelvi lektori munkáját, amelyek nagyban segítették eredményeink közreadását.

Kötetünket **Kiss László barátunk, munkatársunk, geotermikus szakmérnök** emlékének ajánljuk, aki csak a vázlatok elkészítéséig kapcsolódhatott be projektünkbe, de már nem fejezhette be az ORC-technológia hazai alkalmazási lehetőségeit bemutató fejezetét.

*dr. Munkácsy Béla
szerkesztő, az „Erre van előre” kutatás
vezetője*

Felhasznált irodalom

EWEA (2014): Wind in Power – 2013 European Statistics. 12 p.

Munkácsy B. – Sáfián F. – Szabó D. (2012): A Vision Hungary 2040 fenntartható energia-forgatókönyv és ennek hőszivattyúzással kapcsolatos potenciálbecslése. – in: VIII. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia, pp. 29-34.; Göttinger Kiadó, letölthető: http://km.mk.uni-pannon.hu/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=20&Itemid=39

Sáfián F. (2012): A hazai energiarendszer modellezése az EnergyPLAN szoftverrel. X. ENERGOexpo Nemzetközi Energetikai Szakkiállítás és Konferencia, Debrecen, Kölcsey Konferencia Központ, 2012. szeptember 25-27.

Sáfián F. (2013): Modelling the Hungarian energy system – the first step towards sustainable energy planning. International Conference on Energy & Environment: bringing together Economics and Engineering, School of Economics and Management, University of Porto, 2013. május 9-10.



4. ábra: Gunnar Boye Olesen (INFORSE-Europe) és munkacsoportunk néhány oszlopos tagja 2009-ben (fotó: Munkácsy B.)

Küldetésnyilatkozatunk

Olyan társadalomban szeretnénk élni, mely egyértelmű és előremutató értékekkel rendelkezik, és ezekre alapozza határozott, a fenntarthatóság elveire épülő jövőképét. Kapcsolata a környezettel harmonikus, értékeit és elemeit tiszteletben tartja, megőrzi és lehetőség szerint javítja. A gazdaság a környezet valós határain belül teremt javakat, és ésszerű szükségleteket elégít ki, mindeközben figyelembe veszi az évszázadok során felhalmozott szellemi örökséget és a legújabb tudományos ismereteket egyaránt. Ugyanakkor el kell fogadnunk, hogy a technológiai fejlesztések önmagukban – az etikus fogyasztás szellemisége nélkül – nem oldják meg az ökológiai válságot. Az emberi közösségeknek a jelenlegi növekedés-orientált paradigma helyett a termelésben a minőségre, a fogyasztásban a mértékletességre kell törekedniük.

A közösségek tagjai aktívak, együttműködéssel céljaikat könnyebben érik el. A felelősség és a terhek elosztása arányos, a társadalmi kapcsolatokat kölcsönös bizalom és tisztelet jellemzi. Az emberi közösségek kiemelt fontosságú elemnek tekintik az ésszerű keretek között gyakorolt társadalmi toleranciát, a biztonságot és az alapvető szükségletek elérhetőségét mindenki számára; tagjai szociálisan érzékenyek,

összetartók. A közösségek célja az egyéni kiteljesedés és az önmegvalósítás lehetőségének megteremtése. Ugyanakkor mindenki tisztában van környezetének korlátaival, elismeri az osztársadalmi célok prioritását; jövőképét és igényeit ezekhez igazítja. A XXI. század kihívásait szem előtt tartva részt vállal a környezettudatos szemléletmód és az ehhez kapcsolódó tudás átadásában.

Olyan társadalomban szeretnénk élni, ahol **az egyén** felismeri, hogy az emberi boldogság NEM áll összefüggésben az elfogyasztott energia mennyiségével. Az emberiségnek rá kell ébrednie saját korlátaira, mivel erőforrásaink pazarló felhasználása Földünk zárt rendszerében nem elfogadható, sem a készletek szűkössége, sem pedig a teljes életciklus során okozott terhelések miatt. Ezek közvetlen és közvetett módon minden élő szervezetre hatással vannak, így közös felelősségünk, hogy milyen utat választunk. Szerintünk ERRE VAN ELŐRE...

1. A megújuló energiára alapozott energiatervezésről

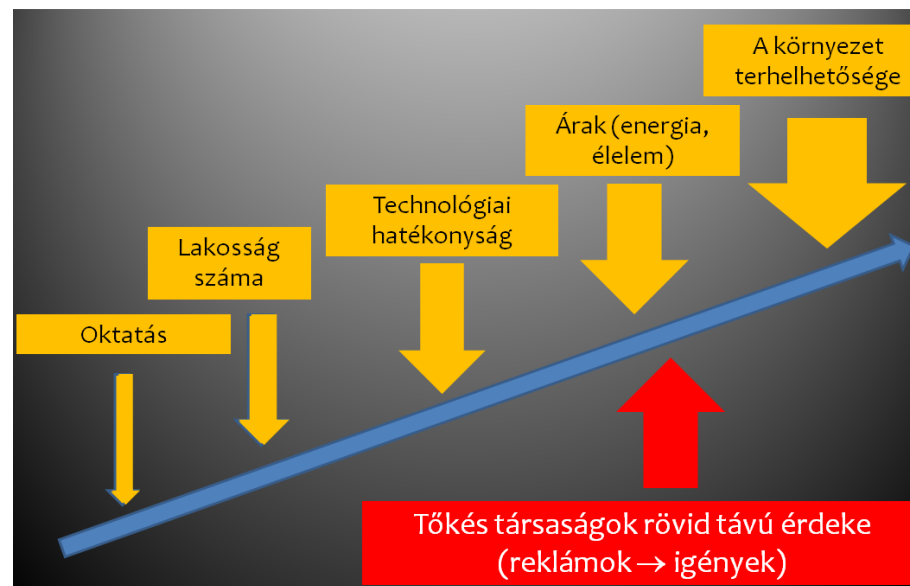
Munkácsy Béla

Az egyre szennyezettebb környezetben élő, egyre gyarapodó létszámú emberiségnek az energiagazdálkodás terén sincsen más választása, mint a radikális irányváltás. Az energiaszegénység aggasztó mértékűvé válása, valamint a környezetrombolásban betöltött egyre nagyobb szerep arra hívják fel a figyelmet, hogy az eddig meghatározó és a problémák megoldásában láthatóan kudarcot kudarokra halmozó tudományterületek művelőinek sincsen más választása, mint az, hogy – a további súlyos katasztrófák elkerülése érdekében – teret engedjenek más tudományterületekről érkező kutatók számára is.

Csakis a régi és az új szakértők közös erőfeszítésével juthatunk közelebb a fenntartható energiarendszer létrehozásához. Ebben az energiarendszerben **környezetkímélőbb** és **olcsóbb** megoldásokkal, a jelenleginél **kevesebb elsődleges energiahordozó** felhasználásával kell a mostaninál **több energiaszolgáltatást** létrehozni. Ez a változás kizárólag a mértékletesség térnyerésével, a hatékonyság növelésével és a megújuló energiaforrások kiterjedt alkalmazásaival valósulhat meg. Különösen akkor válik ez nyilvánvalóvá, ha a megszokott projekt szintű gondolkodástól elszakadva legalább a nemzet szintjén, vagy méginkább globális léptékben, ráadásul hosszabb távon előretekintve kalkulálunk.

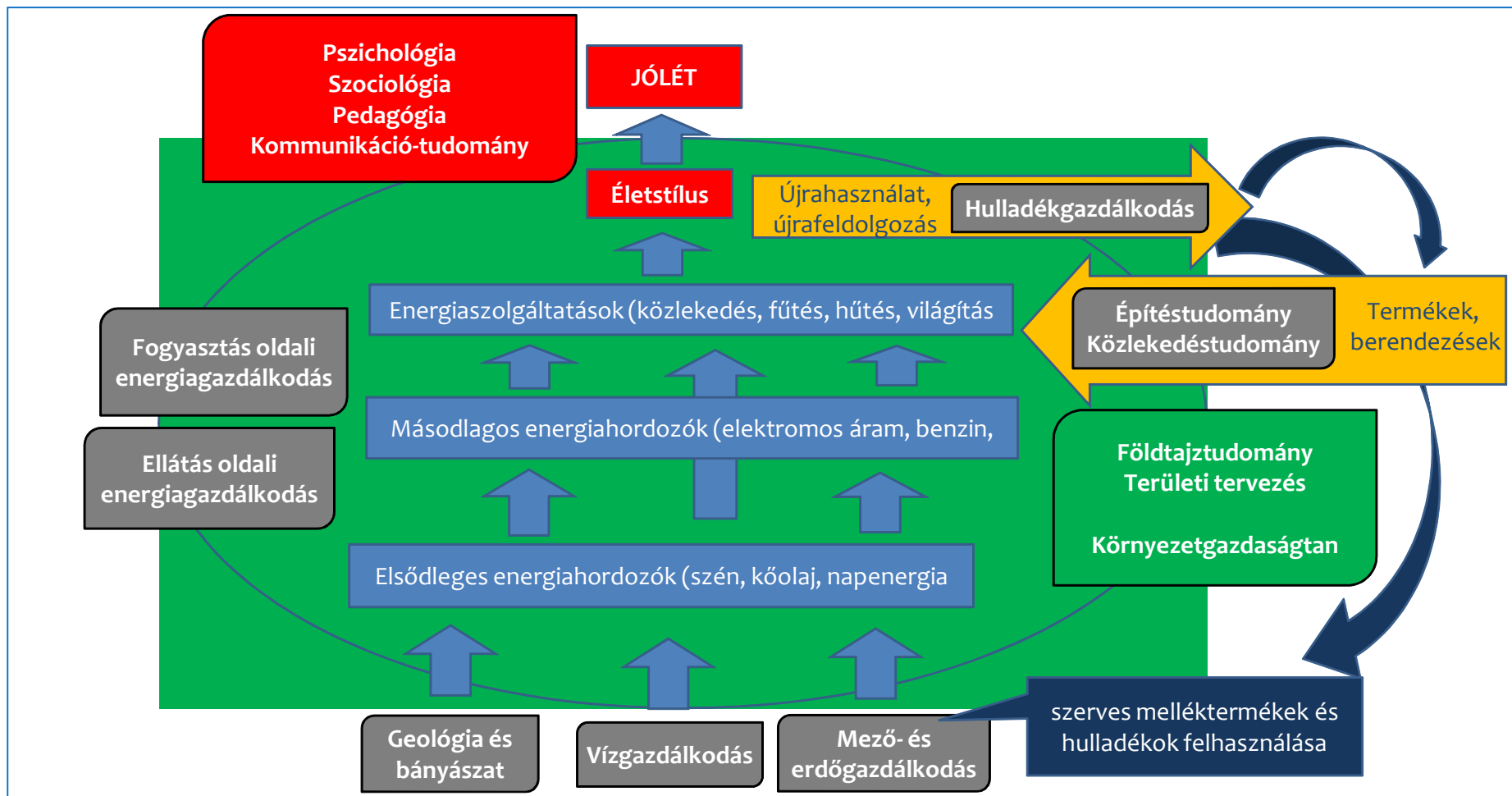
Alapvető szemléletbeli váltás szükséges az energiatervezés terén, hiszen a jövőben sokkal nagyobb és összetettebb rendszerben kell gondolkodni, mint eddig. Szakítani kell például az eddigi növekedésközpontú paradigmával, hiszen **hazánkban** – egy kivétellel, nevezetesen a tőkés csoportok érdekeivel szemben – **minden lényeges tényező**, így a környezet tragikusan romló állapota, az energiahordozók árának nemzetközi trendjei, a hatékonyságnövelésben rejlő lehetőségek, valamint remélhetőleg az oktatás

is egyre inkább **az energiafelhasználás növekedése ellen hat**. Ugyancsak ide sorolandó a népesség számának lassú csökkenése, amit a természettudományos törvényszerűségeket nélkülöző érvelés hazánkban egyértelműen negatívumként mutat be. Valójában egy olyan finom korrekció történik, amely hazánk 93 030 km²-nyi területének ökológiai kapacitása által szigorúan megszabott korlátokhoz közelíti a népesség számát.



5. ábra: Az energiafelhasználás mértékére ható tényezők Magyarországon (szerk.: Munkácsy B.)

A szűk értelemben vett energiaipari területről kimerészkedve a vizsgálódás tárgyává – és a gyakorlati megvalósítás részesévé – kell tenni a környezetgazdálkodás szinte minden más elemét, így számos műszaki területet, mint a közlekedés- és építéstudományt, a hulladék- és az erdőgazdálkodást, a mezőgazdálkodást, sőt a társadalomtudományok egy jó részét is, hiszen ezek a földrajzi térben történő anyag- és energiaáramlás során **elválaszthatatlanul kapcsolódhatnak egységes rendszerré** (6. ábra).



6. ábra: Az energialánc (kékkel) és tágabb kapcsolatrendszere, amelyben egyre inkább meghatározó a földrajztudomány (zölddel – a földrajztudomány itt olyan tudományterületekkel együtt szerepel, amelyek a folyamat egészére hatással vannak) (szerk.: Munkácsy B.)

Szakítani kell azzal az elavult nézettel, amely egymástól elválasztva kezeli az áramtermelést, a hőenergia-szektor és a közlekedést, valamint a termelést és a fogyasztást! A 21. században ezek az energiagazdálkodás szorosan egymáshoz kapcsolódó, egymástól elválaszthatatlan területei. Az ezek közötti multidiszciplináris összefüggések felismerése, majd ezeknek – fenntarthatósági szempontokat hangsúlyosan mérlegelő – hasznosítása, vagyis a **komplex környezetgazdálkodás** gyakorlati megvalósítása korunk legnagyobb kihívása.

Ennél is tovább merészkedve, Nørgaard, J. (1998) felvetésével egyetértve úgy véljük, hogy **az energialánc egészének meghatározó jellemzőit végeredményben egy nehezen megragadható, ugyanakkor kulcsfontosságú tényező, a jólét** (illetve az erről alkotott elképzelésünk) és az ennek elérésére irányuló **életstílus** határozza meg. Az energialánc minden korábbi lépése ezekre vezethető vissza, ezek határozzák meg, hogy mennyi energiát használunk fel és sok esetben még azt is, hogy milyen forrásból származik ez az energia. Az energiafogyasztás mértéke és jellege tehát – véleményünk szerint – nagy mértékben befolyásolható a jólétről alkotott fogalmaink formálásával. Ebből következően **nem tudunk olyan korrekt energiatervezési folyamatot elképzelni, amely ne venne tudomást erről az alapvetően társadalomtudományi összefüggésről.**

Meghatározó jelentőségűvé kellene válnia a **környezeti szempontú oktatás-nevelésnek**, és a jövőben sokkal nagyobb szerepet kell majd szánni a fenntartható energiagazdálkodást támogató egyéb véleményformáló technikáknak, médiumoknak is. Ez utóbbi a nap 24 órájában alakítja a világról alkotott képünket, jelenleg éppen egy tragikusan káros irányba, a

fenntarthatatlan mértékű fogyasztásra buzdítva. Ma egyes társadalmi körökben határozott elvárás, hogy az ember minél nagyobb autóval közlekedjen, a tengeren túlra járjon nyaralni és telelni, hatalmas televízióval, hűtőszekrényvel szerelje fel háztartását. Az efféle közösségek tagjai kényszeresen igyekeznek ezeknek az elvárásoknak megfelelni – miközben szűkös természettudományos ismereteik okán fel sem fogják, hogy ez az út a környezeti katasztrófa felé vezet. A folyamat háttérében a profitorientált cégek érdekei állnak: ezek vásárolnak reklámidőt, sőt egyre gyakrabban akár műsorokat, rovatokat, újságot, televíziós csatornát is, így igyekezték formálni gondolkodásunkat, világképünket. A növekedésorientált fogyasztói társadalomban kevés esély van ennek a szisztémának a megváltoztatására – de ebben az esetben ugyanígy kevés esély van a nyilvánvaló tragikus következmények elkerülésére is. Valójában tehát sokkal többről van kötetünkben szó, mint az energiagazdálkodás egyszerű reformjáról: egy lényegesen bonyolultabb, **rendszerszintű probléma megoldása a feladat.**

Ennek fontosságát támasztják alá azok a kutatások is, amelyek azt igazolják, hogy **a fogyasztás mai szintjét nem csak a jelenlegi energiaforrások nem képesek fedezni hosszú távon (mert megfogyatkozásukkal kitermelésük egyre drágább lesz), de a megújuló energiaforrások potenciáljai is csak szerényebb igények kielégítésére elegendők** (pl. MacKay, D. 2009). A kutatócsoportunk által végzett számos térinformatikai elemzés és ezekre alapozott potenciálszámítás azt igazolja, hogy a jelenlegi hazai energiafogyasztásnak reálisan nagyságrendileg harmada-fele áll rendelkezésre megújuló alapon – a jelenleg rendelkezésre álló technológiákat figyelembe véve:

1. táblázat: Magyarország megújulóenergia-potenciáljai az Erre van előre projekt térinformatikai elemzései és számításai szerint a 2040-2050 közötti időszakra (gazdasági teljesítménnyel korrigált értékek) (szerk.: Munkácsy B.)

	technikai potenciál	társadalmi-gazdasági potenciál
Napenergia	152 PJ áram (+ 212 PJ hő) 33605 MW hibrid PV/T kollektor 235 millió m2 (az ország területének 0,25%-a)	46 PJ ±25% áram (+ 64 PJ ±25% hő) 10165 MWp ±25% 71 millió m2 ±25%
Szélenergia	410 PJ ±10% (48800 MW ±10%) az ország területének 5,8%-a	80 PJ ±15% (9500 MW ±15%)
Bioüzemanyag	12 PJ	12 PJ bioüzemanyag
Fenntartható biomassa (melléktermékekre alapozott)	100 PJ	36-46 PJ biomassa áramtermelés
Energiaültetvény	65 PJ (5000 km ²)	2-12 PJ távhő
Biogáz	80 PJ	összesen: 50-70 PJ
Környezeti hő	100 PJ (csak geotermia)	85 PJ (geo-, hirtó- és aerotermia együtt)
Vízenergia	2 PJ	2 PJ
ÖSSZESEN	~1250 PJ	~330 PJ

Azt is le kell szögeznünk, hogy **az, hogy egy energiaforrást megújulónak tekintünk, önmagában még nem jelenti azt, hogy ennek alkalmazása minden körülmények között fenntarthatónak tekinthető.** Egyfelől probléma lehet a pazarló, hatékonytalan megoldások alkalmazása, másfelől gondot okozhat a felelőtlen, környezeti szempontokat nélkülöző alkalmazás, amelynek elkerülése érdekében komplex területi- és energiatervezési megoldásokra van szükség. Az általunk felvázolt kibővített energialánc kapcsolatrendszer (6. ábra) ebből a szempontból is többet mutat meg a valóságban lejátszódó folyamatokból, mint a hagyományos energialánc. Láthatóvá teszi ugyanis az energiagazdálkodás kapcsolódási pontjait, amelyek révén a környezetgazdálkodás többi eleméhez, így például a további számos, jelenleg erősen elhanyagolt mérnöki szakterülethez illeszkedik. Véleményünk szerint egy adott földrajzi térben csak ilyen holisztikus megközelítés eredményezhet kellően megalapozott és komplex tervezést, majd fenntartható gazdálkodást. Az energiagazdálkodási vagy akár a hulladékgazdálkodási folyamatok tervezőjének – hatékony és környezeti szempontból is elfogadható megoldások kialakítása érdekében – tisztában kell lennie a kapcsolódó szakterületek kínálta lehetőségekkel. Megítélésünk szerint tehát ilyen esetekben ma már olyan csapatmunkára van szükség, ahol az energiatervezésben hulladékgazdálkodók, mező- és erdőgazdálkodók, közlekedés- és építészmérnökök is helyet kapnak.

Szemléletes példaként vehetjük az energetikai célú biogáz-termelés problémakörét. Ez esetben kiindulási pontot jelent az a tény, hogy a társadalom számára a nagy mennyiségben keletkező szerves hulladékok ártalmatlanítása egyre nehezebben és költségesebben megoldható feladat – miközben ennek kezelésére a biogáz-technológia olyan lokális léptékű megoldást nyújthatna, ami ráadásul az energiatermelés és a talajerő-utánpótlás szempontjából is jelentős előnyökkel jár. Ebből a megfontolásból a biogáz-termelést olyan hulladékalapú energetikai megoldásként értelmezzük, ahol egy adott – meglehetősen szűk – földrajzi térben a termelő

tevékenységek (pl. állattartás, élelmiszeripar) során keletkező hulladékok és a települési szilárd és folyékony hulladékok felhasználásával hozzuk létre az energiahordozót. Ehhez tehát ismerni kell az ebben a **térben lejátszódó anyag- és energiaáramlás** jellegét, mennyiségi mutatóit, vagyis a termelési folyamatokat és az ennek során képződő hulladékok mennyiségét és minőségét, illetve tisztában kell lenni a kommunális szektorban történő hulladékkeletkezés törvényszerűségeivel is. Ugyancsak lényeges az épületállomány energetikai mutatóinak, a fejlesztésekben rejlő lehetőségek ismerete. A biogáz esetében szóba jöhet még a közlekedési szektorban rejlő biogáz-felhasználás is, mint potenciális alkalmazási terület.

Tehát nem fogadható el napjaink azon gyakorlata, amelyben a befektető – fittyet hányva az adott földrajzi térben jelentkező anyagáramlásokra, és az ebből fakadó gondokra, így például a térség településeinek és termelő üzeinek hulladékgazdálkodási problémáira – energetikai ültetvényeket hoz létre, hogy ilyen módon biztosítsa a számára szükséges biomassza-mennyiséget. Ez tipikusan egy olyan energiatervezési gyakorlat, ahol kizárólag energetikai területen jártas szakértők kizárólagosan a projekt szintjére fókuszálva, a fenti, meglehetősen komplex összefüggések ismeretének hiányában hoznak olyan évtizedekre meghatározó döntéseket, amelyekkel más környezetgazdálkodási területek számára kifejezetten komoly károkat okoznak. Ugyanez a másik irányból közelítve ugyancsak probléma, hiszen éppen így nem szerencsés, ha a nagy mennyiségben szerves hulladékot kibocsátó vállalkozás nem keresi a felhasználás minél komplexebb, nagyobb (környezeti) haszonnal kecsegtető megoldásait – sajnos a gyakorlatban ez is általános jelenség.

A fentieket összegezve egy olyan gyökeres fordulatra van szükség, amely a **holisztikus megközelítést** helyezi az előtérbe, amely kifejezetten multidiszciplináris kutatócsoportok, munkacsoportok megjelenését és intenzív bekapcsolódását jelenti a tervezési és végrehajtási folyamatokba. A

szemléletváltás másik, az előzővel egyenértékű eleme, hogy a fenntarthatóság hármas környezeti-társadalmi-gazdasági pillére minimum egymással azonos súllyal jelenjen meg a döntéshozatali folyamatokban. Ez jelenleg csak az ENSZ értekezletek szónoklatainak és tervezési dokumentumainak a szintjén van így, a gyakorlatban egyértelműen a gazdasági pillér dominanciája érvényesül, messze háttérbe szorítva a társadalom szempontjait és szinte teljesen negligálva az ökológiai vonatkozásokat! A fentiek kapcsán azt is felvetjük, hogy – a természettudományos törvényszerűségekre hivatkozással – ma már indokolt a három pillér viszonyrendszerét újragondolni, és a természeti/ökológiai pillér szerepét meghatározóvá tenni minden döntéshozatalban (Griggs, D. et al. 2013). Tudomásul kell ugyanis venni, hogy természeti megalapozottság (víz, talaj, természeti erőforrások) nélkül sem társadalmat építeni, sem gazdaságot működtetni nem lehetséges!

Felhasznált irodalom

Griggs, D. et al.(2013): Sustainable development goals for people and planet. in Nature 495. pp .305-307

MacKay, D. (2009): Sustainable Energy — without the hot air. UIT, Cambridge, 383 p.

Nørgaard, J. (1998): Sustainable Energy Future - Nordic Perspective. Keynote at workshop „Sustainable and Peaceful Energy Future in Asia”, 28. - 30. September 1998, Seoul

2. A Vision 2040 Hungary 2.0 energiaforgatókönyv készítésének háttere

Munkácsy Béla

Az „Erre van előre” energiaforgatókönyv készítésének kiindulási pontja egy szoftveres elemzés, amelyhez az INFORSE-Europe xls-alapú célalkalmazását és szakmai segítségét vettük igénybe. A bemeneti adatok jó része a Nemzetközi Energia Ügynökségtől megvásárolt, az energiarendszer működését leíró információ – ezeket szükség esetén pontosítottuk, kiegészítettük, aktualizáltuk. A bemeneti adatok másik része a jövőbe előretekintő adatsor, amelyet több hónapon át tartó szakmai munka során érlelt ki az alkotók közössége. Ilyen adatsor a népesség számára vonatkozó becslés, hogy vajon mekkora népességet kell energiával ellátnunk az elkövetkező évtizedek során. Hosszas mérlegelést követően – dinamikus állandóságot feltételezve – 2050-ig **10 milliós népességet** vettünk számításba, még akkor is, ha jelenleg hazánk lakosainak száma csökkenő tendenciát mutat. Ám globalizált világunkban hiba volna eltekinteni a gyorsan változó külső körülményektől, mint például az ökológiai válság

kiszélesedése következtében várhatóan egyre nagyobb számú környezeti- és klímamenekült megjelenésétől. Ezt a sajnálatos jelenséget – bár jövőbeli mértékét meghatározni nem lehet – a népességfogyást kompenzáló tényezőként vettünk figyelembe.

A fentieket kiegészítendő ezúton is hangsúlyozni kell, hogy a népesség jelenlegi, lassan fogyó tendenciája – minden aktuálpolitikai és rövid távú gazdasági érveléssel ellentétben – örvendetes változás, hiszen a jelenlegi magyarországi népesség ökológiai lábnyoma (3 globális hektár/fő, vagyis nagyságrendileg 300 000 km²) többszöröse a rendelkezésünkre álló 93 030 km²-nek. Ez még akkor is igaz, ha az összevetés kissé pontatlan, hiszen az ökológiai lábnyom mértékegysége az egységesített, általánosított „globális hektár”, ami a hazai adottságokra tekintettel lényegében megegyezik a km² századrészével. Ebből következően a térség ennyi embert – a fogyasztás és a kibocsátás (szennyezés) jelenlegi szintjét feltételezve – egyszerűen nem képes hosszú távon eltartani.

2. táblázat: Az energiahatékonyság lehetséges alakulása néhány szektorban 2050-ig az Erre van előre 1.0 (2011) forgatókönyv szerint (szerk.: Munkácsy B.)

	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Háztartások energiahatékonyságának alakulása											
Egységnyi lakóterület fűtésének energiaigénye (a 2000. év adatát 100 százaléknak tekintve)	100	115	110	92	80	72	65	57	45	32	25
Elektromos berendezések áramfogyasztásának alakulása egységnyi energiaszolgáltatásra vetítve (a 2000. év adatát 100 százaléknak tekintve)	100	99,6	99,6	93	85	78	71	64	57	50	45
Személyszállítás energiahatékonyságának alakulása											
Személygépkocsi	100	140	130	120	100	80	65	46,8	35	30	25
Autóbusz	100	106	100	92	85	78	71	65	50	40	30
Vasúti közlekedés	100	95	90	85	75	70	65	60	55	50	50
Légiközlekedés	100	100	100	100	100	100	95	90	85	80	75
Hajózás	100	100	100	100	100	90	80	70	60	55	50

Ugyancsak a jövőbe tekintő adatok a **termelés volumenére és a fogyasztás szintjének meghatározása 5 éves lépésekben 2050-ig**. Ezek a szakértői becslések hosszas szakmai egyeztetések, műhelybeszélgetések során formálódtak és többek között az alábbi területeket érintik:

- fűtött alapterület (m²);
- hőenergia szükséglettel járó ipari folyamatok (a termékek tonnában meghatározott mennyisége alapján);
- villamosenergia-szükséglettel járó ipari folyamatok (a termékek tonnában meghatározott mennyisége alapján);
- mezőgazdasági termelés (tonna);
- személyszállítás (utaskilométerben mérve);
- áruszállítás (árutonnakilométerben mérve).

Forgatókönyvünkben azzal a feltételezéssel éltünk, hogy ezek a mutatók 2030-ig enyhén növekedő értéket mutatnak majd, ezt követően kismértékű csökkenéssel számoltunk. A kezdeti növekedés véleményünk szerint annak

tudható be, hogy egy fenntartható gazdasági és társadalmi rendszer létrehozása sok esetben többletbefektetéseket és -erőforrásokat igényel, hiszen ezek a jelenleg használatos megoldásokat váltják ki. Az ideális körülményeket leíró forgatókönyvünkben (best case scenario) azt is figyelembe vettük, hogy a jelenlegi növekedésközpontú paradigma leváltása reálisan csak lépésről lépésre történhet meg. Érvrendszerünk leglényegesebb elemei a növekedésközpontú világrendtől való eltávolodás kapcsán természettudományosak: részben az erőforrások megfogycsozásával, részben pedig a környezet terhelésének súlyosbodó következményeivel hozhatók összefüggésbe. Az elmélet mellett a koncepció működőképességének gyakorlati igazolására is egyre több példa akad, így például a **Lassú Városok Kartája**, melynek célja, hogy olyan városhálózatot hozzanak létre, amelyben **nem a gazdaság növekedése, hanem az élet minősége a fontos**. A forgatókönyvünkben a különféle termelési folyamatokban 2030-tól bekövetkező csökkenés már a fenti felismerések eredményeképpen jelenik meg.

Környezeti fenntarthatóságra és javuló életminőségre fókuszáló forgatókönyvünk leglényegesebb elemei csak abban az esetben válhatnak valósággá, ha több lényeges tényező **együttesen érvényesül**:

a) megvalósul **az energetikai hatékonyság radikális növelése** (vagyis kihasználjuk a technológiában rejlő lehetőségeket) – mind az energia termelése és elosztása, mind pedig a felhasználása terén;

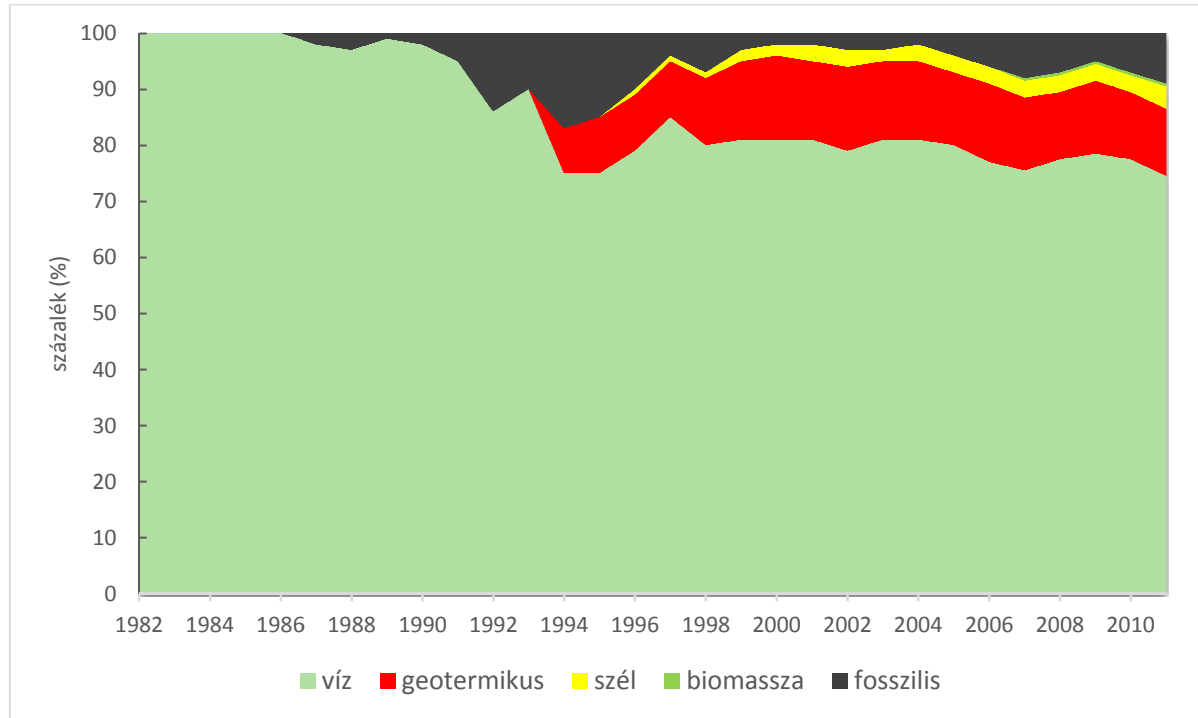
b) az energiaszolgáltatások igénybe vételében az **energiatakarékosság**, vagyis a mértékletes energiafogyasztás válik általánossá – ez magában foglalja **értékrendünk** helyrebillentését és ezzel együtt gyökeres fordulatot követel életünk minden területén, ami az elkényelmesedett (fogyasztói) társadalom többségének számára vélhetően nem minden tekintetben vonzó elvárás;

c) az energiaforrások közül a **megújuló energiaforrások** dominanciája valósul meg. Látni kell azonban, hogy ezek alkalmazása sem feltétlenül jelent fenntartó megoldásokat, így esetükben is szigorú környezeti szempontú feltételek bevezetése szükséges;

d) a csőlátású, csak a műszaki és gazdasági szempontokat érvényesítő rendszer helyét felváltja a komplex, de elsősorban mégis környezeti mutatókra fókuszáló **interdiszciplináris megközelítés**. Ez egyúttal azt is jelenti, hogy előtérbe kerülnek az energiafogyasztás elkerülését eredményező, a rendszer egészére figyelemmel kialakított megoldások, amelyekre nagyszerű terepet biztosít például a településtervezés, a közlekedésszervezés, és általában a helyi erőforrásokra való támaszkodás. Mivel az **energiaszolgáltatásokat** emberek veszik igénybe, ezért határozott véleményünk, hogy **valódi megoldások nem szülehetnek a társadalomtudományok** értő művelőinek (így például kommunikációs

szakemberek, pedagógusok, szociológusok) **bevonása nélkül**. Mivel az anyag- és energiaáramlás folyamatai egy adott földrajzi térben történnek, így széleskörű társadalom- és természetföldrajzi ismeretekkel rendelkező, a térbeliség problematikájával foglalkozó **geográfusok** mellőzésével a felmerülő kérdésekre ugyancsak nem lehet helyes választ adni.

A jövőben sokkal nagyobb figyelmet kell fordítani a nemzetközi példák egyes elemeinek adaptálására. Azokban az országokban, ahol nem a kifogásokat keresik a megújuló energiaforrások alkalmazhatósága kapcsán, lényegesen előbb tartanak, mint mi, itt a kelet-európai térségben, ahol még mindig túl nagy arányban próbáljuk a jövőt a 19-20. századi technológiákra és megközelítésmódra alapozni. Lényeges, hogy nem csak a gazdag, ipari országok szolgálhatnának példaként, de akár a fejlődő térség egyes országainak megoldásait is érdemes volna alaposabb vizsgálat alá vetni. Így például figyelemre méltó a **Costa Ricában** fenntarthatóan működő energiarendszer. Az ország egyébként a **Human Development Index** tekintetében [0,773] Szerbiával [0,769] vethető össze, viszont a fenntarthatósági szempontokat is megjelenítő **Happy Planet Index** tekintetében **világelső!** Ebben a közép-amerikai országban – a közlekedési szektor figyelembe vétele nélkül – az elsődleges energiafelhasználásnak **90-100%-a származott megújuló forrásból** az elmúlt 30 esztendőben, évről-évre változó arányban. A villamos áramot 70-85%-ban vízerőművekben állítják elő, de az 1990-es évek első felétől egyre jelentősebb szerepet kapnak a szélturbinák és a geotermikus erőművek is. Utóbbiak biztosítják a hőenergia nagyobb részét is, de ezen a téren fontos szerepe van a cukornád-termesztés és -feldolgozás során keletkező hulladék biomassza hasznosításának is (Altamonte, H. et al. 2003; Orozco, J. et al. 2012).



7. ábra: Costa Rica áramtermelése források szerinti megoszlásban 1982-2010 között (%) (szerk.: Orozco, J. et al. (2012) alapján Kovács K.)

A nagyobb fogyasztású európai térségben is akadnak reményt keltő, de a természeti adottságok függvényében teljesen eltérő példák. A burgenlandi bio-szolár alapú energiatermelésre való áttérés 1990 óta egyes térségekben **90%-os karbonkibocsátás-csökkentést eredményezett**. Hasonló fejlődési utat járt be Jühnde (Németország – Alsó-Szászország), ahol szerves hulladékokra alapozott biogáz-termelés folyik, így lényegében **100%-ban megújuló energiaforrásra támaszkodó rendszert működtetnek**. Az eltérő természeti adottságok miatt egészen más utat választanak a dán közösségek, így például **Thisted** térsége és **Samsø** szigete, ahol meghatározóan a szélenergiára alapozott, csaknem 100%-ban megújulóra építő

villamosenergia-rendszert működtetnek (Droege, P. [szerk.] 2009). Több európai példa van smart grid alapú fejlesztésekre, amelyekkel a megújuló alapú termelés és fogyasztás időbeniségét igyekeznek összefésülni. A hazai példák közül a leginkább komplex kezdeményezéssel Bükkaranyos térségében találkozhatunk, ahol az **„Egy falu – egy megawatt”** projekt keretében 44 településen indultak meg a fenntartható energiagazdálkodás gyakorlatban történő megvalósítását célzó technológiai fejlesztések.

Az energiaszükségletekkel kapcsolatos számítások véglegesítéséhez az **energiaforrások felhasználásának jövőbeni tendenciáit, lehetőségeit** is figyelembe vettük. Ennek első lépéseként meg kell határozni a megújuló

energiaforrások **technikai** és a fenntarthatósági szempontokat is magában foglaló **társadalmi-gazdasági potenciáljait**. A technikai potenciál tekintetében kutatócsoportunk a korszerű térinformatikai alkalmazásoknak köszönhetően új tudományos eredményeket is fel tud sorakoztatni (így például Munkácsy B. – Kovács G. – Tóth J. 2007; Munkácsy B. – Borzsák S. 2008; Munkácsy B. – Sáfián F. – Szabó D. 2012), míg más esetekben – ahol már eredendően megalapozott eredmények álltak rendelkezésre – a meglévő szakirodalmi adatsorokra támaszkodtunk. A társadalmi-gazdasági potenciál tekintetében teljesen új módszertant dolgoztunk ki, így eredményeink – véleményünk szerint – pontosabbak, megalapozottabbak, mint az eddig rendelkezésre álló adatok (ha voltak egyáltalán ilyenek – ugyanis a legtöbb megújuló energiaforrás esetében ezt a potenciált hazánkban nem is számolták). A korlátok feltérképezését követően a következő lépésben meg kellett becsülni az energiarendszerben megjelenő energiaforrások szerepének változásának mértékét, amely döntően a „legjobb lehetőség” (best case) koncepció szerint történt meg. Vezérlő elvnek tekintettük, hogy az egyes energiaforrások tekintetében évtizedenként legfeljebb 30%-os felhasználás-növekedéssel vagy -csökkenéssel számolhatunk.

A fentiek figyelembe vételével tizenhárom szektorra lebontva – illetve külön vizsgálva a villamosenergia-, a fűtési- és az üzemanyagigényt – az energiaigények változásának scenáriója teljessé válik. A kész elemzést egy 15 lapból álló, igen tekintélyes Excel adatbázis rejti, amely öt éves bontásban, 2000-től kezdődően mutatja be a változások menetét.

Az ellátás és a szükségletek összeegyeztetése

A telepítendő megújulóenergia-kapacitásoknak ki kell elégíteniük a vizsgált tizenhárom meghatározó szektor energiaigényeit, mégpedig oly módon, hogy

a hő- és villamosenergia-termelés egymáshoz viszonyított arányait is figyelembe kell venni. A megújuló energiák alkalmazásának minden szektorban ésszerűen kell történnie. A napenergia fűtési célú felhasználása alapesetben nem lehet magasabb egy bizonyos szintnél – hiszen gondot okoz a nyári időszakban keletkező hatalmas mennyiségű hőenergia ésszerű felhasználása. Ez a probléma ugyanakkor a szezonális hőtárolással kivédhető, mint ahogyan erre ma már számos példa van akár a hazainál kedvezőtlenebb természeti adottságú területeken, így például Hamburg „Gut Karlshöhe” városrészében. A távfűtés aránya néhány szektorban akár magasabb is lehet az átlagosnál, de szintén ésszerű növekedésre van szükség, hiszen figyelembe kell venni, hogy a hálózat hossza – a törvényszerűen jelentkező hőveszteségek miatt – nem lehet korlátlan. A fentiekre tekintettel forgatókönyvünkben a megújuló energiák használata minden szektorban fokozatosan növekszik egészen addig, amíg az atomenergia és minden fosszilis energiaforrás felhasználása szükségtelenné nem válik.

Az ellátás és a szükségletek összeegyeztetése csak az **energiatárolás** különféle módszereinek alkalmazásával lehetséges, így például 2040-től már a – villamos energia egyfajta tárolási lehetőségeként értelmezhető – **hidrogén, mint másodlagos energiahordozó** kereskedelmi léptékű megjelenésével, és lassú terjedésével is számoltunk.

Felhasznált irodalom

Altamonte, H. et al. (2003): Sostenibilidad Energética En América Latina Y El Caribe: El Aporte De Las Fuentes Renovables. ECLAC/GTZ project, 80 p.

<http://www.eclac.org/publicaciones/xml/9/13319/Lcl.1966e.pdf>

Droege, P. [szerk.] (2009): 100% Renewable – Energy Autonomy in Action. Earthscan. 326 p.

Munkácsy B. – Kovács G. – Tóth J. (2007): A szélenergia-hasznosítás lehetőségei és távlatai Komárom-Esztergom megyében. – Energiagazdálkodás, 48. 1. pp. 18-21.

Munkácsy B. – Borzsák S. (2008): Szélenergia-potenciálok az Ister-Granum Eurorégió magyarországi területén. – In: Energiagazdálkodás, 49. 2. pp. 10-12.

Munkácsy B. – Sáfián F. – Szabó D. (2012): A Vision Hungary 2040 fenntartható energia-forgatókönyv és ennek hőszivattyúzással kapcsolatos potenciálbecslése. – in: VIII. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia, pp. 29-34. ; Göttinger Kiadó, letölthető: http://km.mk.uni-pannon.hu/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=20&Itemid=39

Orozco, J. - Ramírez, F. – Solano, F. (2012): Plan de expansion de la generacion electrica - periodo 2012-2024. 114 p.

<http://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/3bd3a78047cdebee904df9f079241ace/PEG2011rev1.pdf?MOD=AJPERES>

Schumacher E. F. (1991): A kicsi szép. Közgazdasági és jogi Könyvkiadó, 304 p.

3. Magyarországi helyzetkép

3.1 A hazai energiagazdálkodásról dióhéjban

Sáfián Fanni

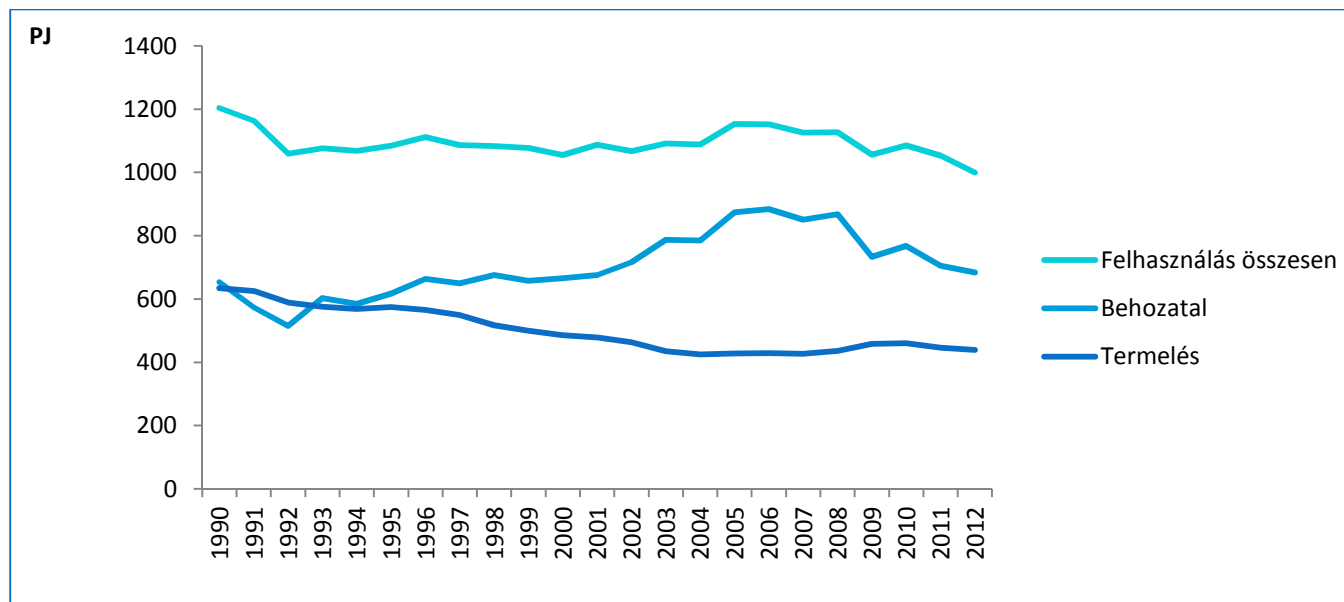
A hazai energiapolitika hármas célkitűzése – megegyezve az Európai Unió elvárásaival – az ellátásbiztonság, a versenyképes energiaárak és a fenntarthatósági szempontok biztosítása (EEA 2009). Miután elsősorban csak az első két kritériumot sikerült elfogadhatóan teljesíteni, az Európai Unió környezetpolitikájának is megfelelve, megszülettek a 2005-ös adatokhoz képest elérendő ún. 20-20-20-as célok:

- az energiahatékonyság 20%-os növelése;
- az üvegházhatású gázok kibocsátásának 20%-os csökkentése;
- a megújuló energiaforrások arányának 20%-ra növelése az EU teljes energiafogyasztásában;
- a gépjármű-üzemanyag bioüzemanyag-hányadának 10%-ra emelése 2020-ra (Eurostat 2010).

A 20%-os megújulóenergia-résarányt az EU országoknak átlagosan kell elérnie. Ebből – hosszas alkudozás után – Magyarország 13%-os megújuló-résarányt vállalt, amely az előző 5,5%-os vállalásából, illetve az ország GDP teljesítményéből adódott, és melyet hazánk gyenge megújulós adottságaival indokoltak. Később a Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Tervben ezt 14,65%-ra emelték. A valóságban azonban a céllal ellentétes lépések születtek, így még az eredeti vállalás is veszélyben van, hiszen az utóbbi években a megújulók részaránya a hazai villamosenergia-termelésben a magyar statisztika szerint 8,1%-on stagnált (KSH 2011c), az Eurostat szerint pedig éppenséggel csökkent: 7,09-ről 6,35%-ra (Eurostat 2013a). Ez elsősorban szabályozási okokra vezethető vissza – azaz arra, hogy az utóbbi évek szabályozása még mindig elsősorban a fosszilis energiahordozókon alapuló energiatermelésnek kedvez.

Energiamérleg

Magyarország teljes energiafelhasználása – beleértve a villamosenergia-, a hőenergia- és az üzemanyag-felhasználást – a rendszerváltás óta összességében (1100 PJ körül) stagnált, majd nagyjából a hazai gazdasági problémák megjelenése óta enyhén csökken, 2012-ben 999 PJ (KSH 2013a). A hazai és az importált források arányát vizsgálva azonban jelentősebb változásokat láthatunk (8. ábra).



8. ábra: Magyarország energiameérlege 1990 és 2012 között [PJ] (szerk.: KSH 2013a alapján Sáfián F.)

A rendszerváltás után egy kedvezőtlen trend indult be, amely során egyre csökkent a hazai energiatermelés, és egyre inkább külföldről szereztük be a szükséges energiahordozókat. 2005-ben és 2008-ban volt a legrosszabb a helyzet, amikor a hazai energiaigények kielégítése több mint 63%-ban külföldi energiahordozóktól függött (Eurostat 2013b). A trend azóta némileg javult: a hazai termelés stagnál, és az összes energiafogyasztás csökkenése inkább az import csökkenésében okozott hatásokat. Így 2011-ben már „csak” a felhasznált energiahordozók felét (52%-át) importáltuk (Eurostat 2013b). Fontos azonban megjegyezni, hogy a statisztikákban – nehezen indokolható módon – az Oroszországból származó hasadóanyaggal történő atomerőművi energiatermelés teljes egészében hazai termelésnek számít, vagyis a valóságban a kiszolgáltatottságunk ennél nagyobb, 62% körüli.

Ha pedig azt nézzük, hogy a források közül mekkora arányban vesznek részt a helyben rendelkezésre álló megújuló energiaforrások, és mekkora a fosszilis források aránya, akkor sajnos utóbbi még mindig több mint 90%-kal uralja a hazai energiatermelést, amely így nagyobb környezetszennyezést, többek között szén-dioxid-kibocsátást jelent.

Energiaforrások

Hazánk fosszilis energiahordozókban szegény ország. A szénkészletek jelentősebb része mára kifogyott vagy gazdaságtalanná vált a kitermelése. Ez alól kivétel az Északi-középhegység alacsony minőségű, de jelentős lignitvagyon, melynek jelenleg is folyik külszíni bányászata Visonta és Bükkábrány térségében, éves szinten 8,5-9,5 millió tonna lignitkitermeléssel (Eurostat 2013c). Az ország utolsó mélyművelésű szénbányája Márkushegyen 2014 végéig működhet még, az innen származó barnakőszén felhasználó,

évek óta veszteséges oroszlányi Vértesi Erőmű pedig ezután biomassza-tüzelésre fog átállni (HVG 2013).

Ismert szénhidrogén-készletünk nagy része az Alföldön, illetve Zala megyében található, ám – az egyébként üzemanyag-előállítás szempontjából rendkívül kedvező minőségű – kőolajkészletek a hazai igények csak töredékét elégítik ki (az importfüggőség hőmennyiségben kifejezve 92%-os!), és az előrejelzések szerint már csak két évtizedig elegendők. Földgázkészletünk szintén nem számottevő, a kitermelés bruttó 100 PJ energiamennyiségnek megfelelő az utóbbi években (Eurostat 2011, 2013c), ami az éves felhasználás 15-25%-a, kimerülése szintén körülbelül két évtized múlva várható (Tóth P. – Bulla M. – Nagy G. 2011).

Uránérc-bányászat a mecseki kitermelés megszűnte után ma már nem zajlik Magyarországon, de az emelkedő világpiaci árak miatt, újabb technológiák alkalmazásával a közeljövőben még újraindulhat a kitermelés.

A fentiek alapján látható, hogy Magyarország a jelenlegi helyzetben igen jelentős energiahordozó-importra szorul. A források diverzifikációja rendkívül lassan halad, az energiahordozó-import mintegy kétharmada még mindig egyetlen forrásból, Oroszországból érkezik. A földgáz-ellátás terén a legtarthatatlanabb a helyzet: az import Ukrajnán át a Testvériség vezeték és Ausztrián át a HAG vezetéken érkezik, azonban mindkét irányból orosz földgázt vásárolunk, ami hozzávetőlegesen 70%-át jelenti teljes földgázfogyasztásunknak (MOL é.n.). A jövőben a tervezett Nabucco földgázvezeték hozhat változást az importszerkezetben, azonban azt is figyelembe kell venni, hogy az ellátásbiztonsági problémákat az újabb kőolaj- és földgázvezetékek, illetve -tározók csak időlegesen enyhítik, hiszen a nemzetközi energiaárak folyamatosan nőnek, és ez a folyamat a készletek megfogyatkozásával csak tovább fokozódik.

Ugyanakkor Magyarország sokszínű megújuló energiaforrással rendelkezik, melyeknek megítélése és felhasználása azonban még igen alacsony szinten áll. A megújuló energiapotenciálok hazai értékeiről ma még leginkább csak becslések állnak rendelkezésre (3. táblázat), melyek között akár nagyságrendi eltéréseket is láthatunk. Ráadásul a kormányzat által publikált potenciáladatok is évről-évre változnak (Munkácsy B. 2010). Aggasztó, hogy a hazai energiatervezés alapját szolgáló adatsorok és a megújuló energiaforrások jövője kapcsán ekkora a bizonytalanság.

3. táblázat: A hazai megújuló energiaforrások potenciáljai különböző tanulmányok alapján (PJ/év) (szerk.: Sáfián F.)

Potenciál típusa	Forrás	Imre–Bohoczky 2006 (MTA)		Maros- völgyi 2003	Faragó– Kerényi 2003 (KvVM)	Magyar Kormány 2008	Nemzeti Fejlesztési Minisztérium 2011	Nemzeti Fejlesztési Minisztérium 2011
		Min.	Max.	Nem jelzett	Technikai	Program potenciál (2020)	Program potenciál (2020)	Megújuló energia- források felhasználása (2010)
Nap- energia	Hő	64,73		4,00	3,60	2,00	3,73	0,25
	Áram	1 749,00						
	Passzív	37,80				-	-	
Szélenergia		532,80		7,20	1,30	6,00	5,56	2,49
Bio- massza	Szilárd	203,20	328,00	58,00	165,80	67,00	60,97	40,74
	Biogáz					10,00	4,63	0,32
	Bioüzema.	-	-			-	-	**22,40
Vízenergia		14,22	14,58	5,00	1,20	1,00	0,86	0,70
Geotermális		63,50		50,00	50,00	12,00	22,42	4,48
Hulladék		-	-	-	5,00	3,00	-	-
Összesen		2 665,25	2 790,41	124,20	225,73	186,00	120,57	55,25
„Reális”		405,00	540,00	-	-	-	-	-

* 2040-2050-ig

** megújulók a közlekedésben

Míg az elméleti potenciálokat tekintve a napenergia hazánk legjelentősebb megújuló energiaforrása, felhasználása az utóbbi években érte el a statisztikai kimutathatóság határát. A hazai megújuló energiaforrások közül évek óta a biomassza felhasználása dominál, amely a legegyszerűbb, ám leginkább vitatható megújuló alapú kapacitásbővítési lehetőséget jelentette az EU-hoz történő csatlakozást követő időszakban. Elsődleges problémaként

azt említhetjük, hogy rossz hatásfokú erőművekben történő hasznosítása leginkább olyan pazarlasként értelmezhető, amely erdeink természeti értékeinek súlyos károsításával jár együtt.

A nap- és szélenergia technikai potenciálja esetében még mindig két nagyságrenddel ellentmondó számokról olvashatunk. A szél esetében a

társadalmi-gazdasági potenciál $107,73 \pm 17$ PJ (Munkácsy B. – Kneip Zs. 2011) és 323,40 PJ (Hunyár M. et al. 2006) között alakul, míg Faragó T. és Kerényi A. (2003) néhány évvel korábban 1,3 PJ-nyi technikai potenciált állapított meg.

Felhasználását tekintve, de potenciáljának nemzetközi összehasonlítását figyelembe véve is az egyik legjelentősebb megújuló energiaforrásunk a geotermia. A Kárpát-medence vékony litoszférájának köszönhetően a hazai geotermikus gradiens a világtáznál másfélszer nagyobb (Gáspár E. 2009). Mára általánosan elfogadott, hogy a technikai geotermikus potenciál 60 PJ körüli értéket képvisel (Mádlné Szőnyi J. 2008). A technikai vízenergia-potenciál 1-2 PJ körüli évi energiatermelést eredményezhet, a nagyobb folyókra (Duna, Tisza) épített erőművekkel pedig több mint 5 PJ-t. Jelenlegi hasznosítása évente változó mértékű, 0,7 PJ körüli.

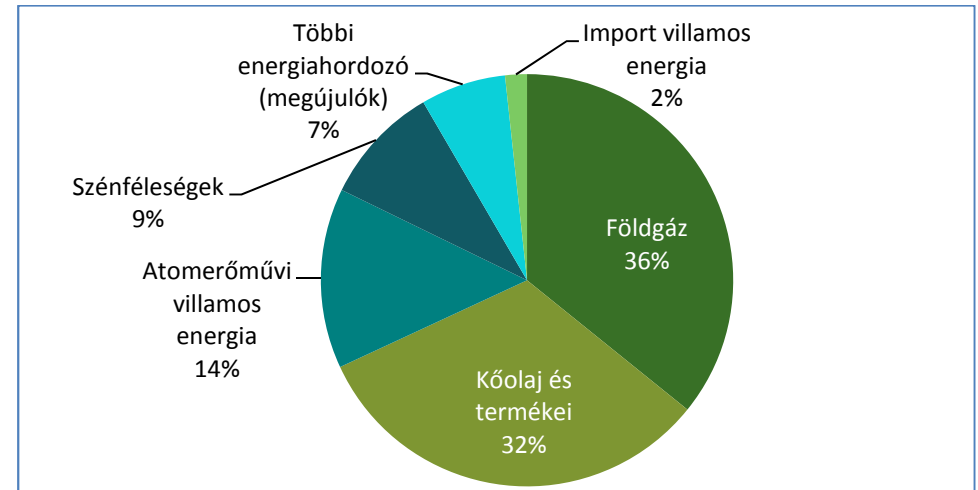
Összességében a megújulók hasznosítása a jelenlegi számítások és hazai stratégiák alapján 2020-ig 105 PJ (Büki–Lovas [szerk.] 2010) és 212,3 PJ (Munkácsy B. – Sáfaián F. 2011) között alakulhat, míg a jelenlegi hivatalos célkitűzés 120,57 PJ (Nemzeti Fejlesztési Minisztérium 2011), amely kevésbé ambíciózusnak modható.

A megújuló energiaforrások hazai helyzetét és az általunk becsült potenciálokat a későbbi fejezetek mutatják be részletesen.

Elsődleges energiafelhasználás

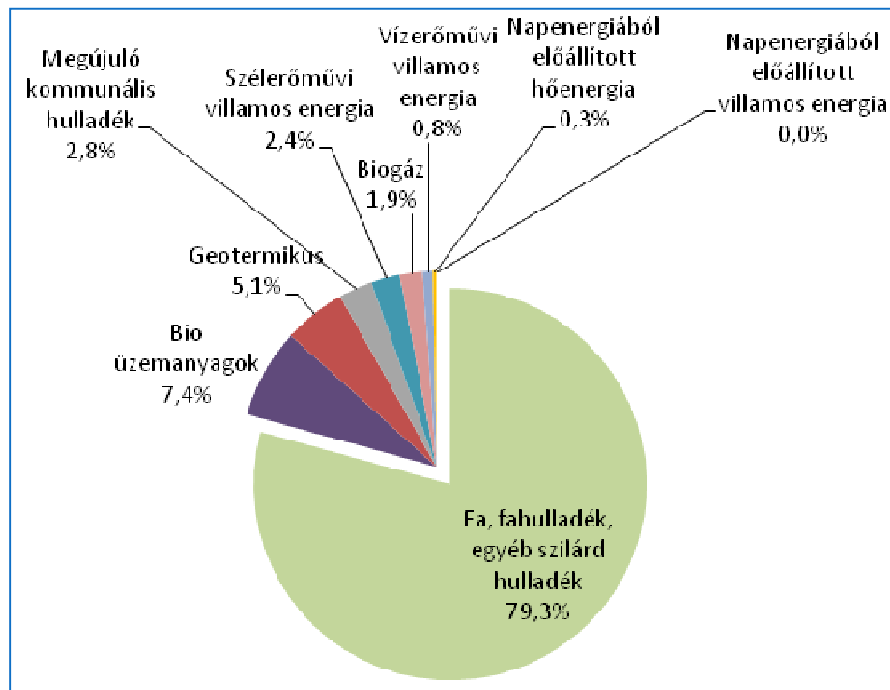
Hazánk teljes elsődleges energiafelhasználása 2012-ben 999 PJ volt, míg 2010-ben még 1085 PJ (KSH 2013a), melyből a végső energiafogyasztás majdnem 700 PJ volt (KSH 2011a). Az átalakítási, hálózati veszteségek tehát a teljes fogyasztás átlagosan 20-23%-át teszik ki évente. A legtöbb energiát a háztartások fogyasztják, a második legnagyobb felhasználó a közlekedés-szállítás, és csak a harmadik a sorban a korábbi évtizedek nagyfogyasztója, az ipar. Az energiaforrások szerkezetében (9. ábra) a szénhidrogének

dominálnak, ezen belül is a földgáz, amelynek mind az áram-, mind a hőtermelésben kiemelkedő szerepe van, felhasználása évek óta egyre jelentősebb. A kőolaj felhasználásának ma már csak a közlekedési szektorban van jelentősége, áram- illetve hőigényeket lényegében nem lát el.



9. ábra: Az energiaforrások szerkezete Magyarországon 2009-ben (Energia Központ 2011)

A harmadik legjelentősebb energiaforrás különlegessége, hogy egyetlen erőmű, a Paksi Atomerőmű működéséhez köthető, és amely így egy esetleges meghibásodás esetén jelentős hatással lehet nem csak a radioaktív szennyezést, de az ország áramellátását tekintve is. A hazai lignit, és barnakőszén, kiegészítve némi import szénnel már csak kevesebb, mint 10%-át adja a hazai energiaforrásoknak. Sajnos még ennél is kisebb jelentőségűek a korábban már tárgyalt, a jogszabályi keretek által derékbe tört fejlődésű megújulók, melyek aránya csak a hulladékégetéssel és az import villamos

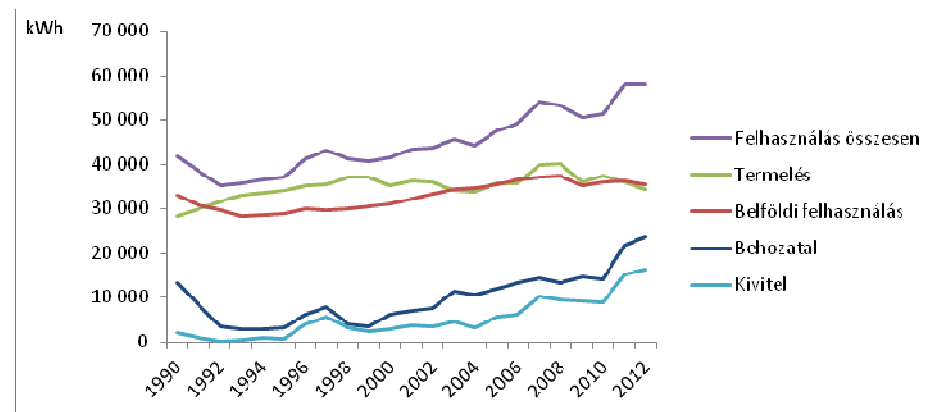


10. ábra: A megújuló energiaforrásokból termelt primer energia megoszlása 2010-ben (szerk.: KSH 2011b alapján Sáfian F.)

energiával együtt közelíti meg a 10%-ot (9. ábra). A megújuló energiaforrások közül a biomassza a meghatározó, melynek közvetlen tüzelőanyagként (tűzifa) történő felhasználása dominál (10. ábra) – főleg a háztartási fatüzelés reneszánszának és a centralizált erőművi felhasználásnak köszönhetően.

Villamos energia

Az ország villamosenergia-fogyasztása az utóbbi években 41-43 TWh/év (148-155 PJ/év) körül alakult, melynek 14-15%-a erőművi önfogyasztás, hálózati és transzformátor veszteség, 15-17%-a pedig importból származik. Az import-export arány a belföldi felhasználáshoz képest jelentősen megváltozott az ezredforduló után, melyre – a fogyasztási trenddel egyetemben – érdemes lehet egy pillantást vetni (11. ábra).



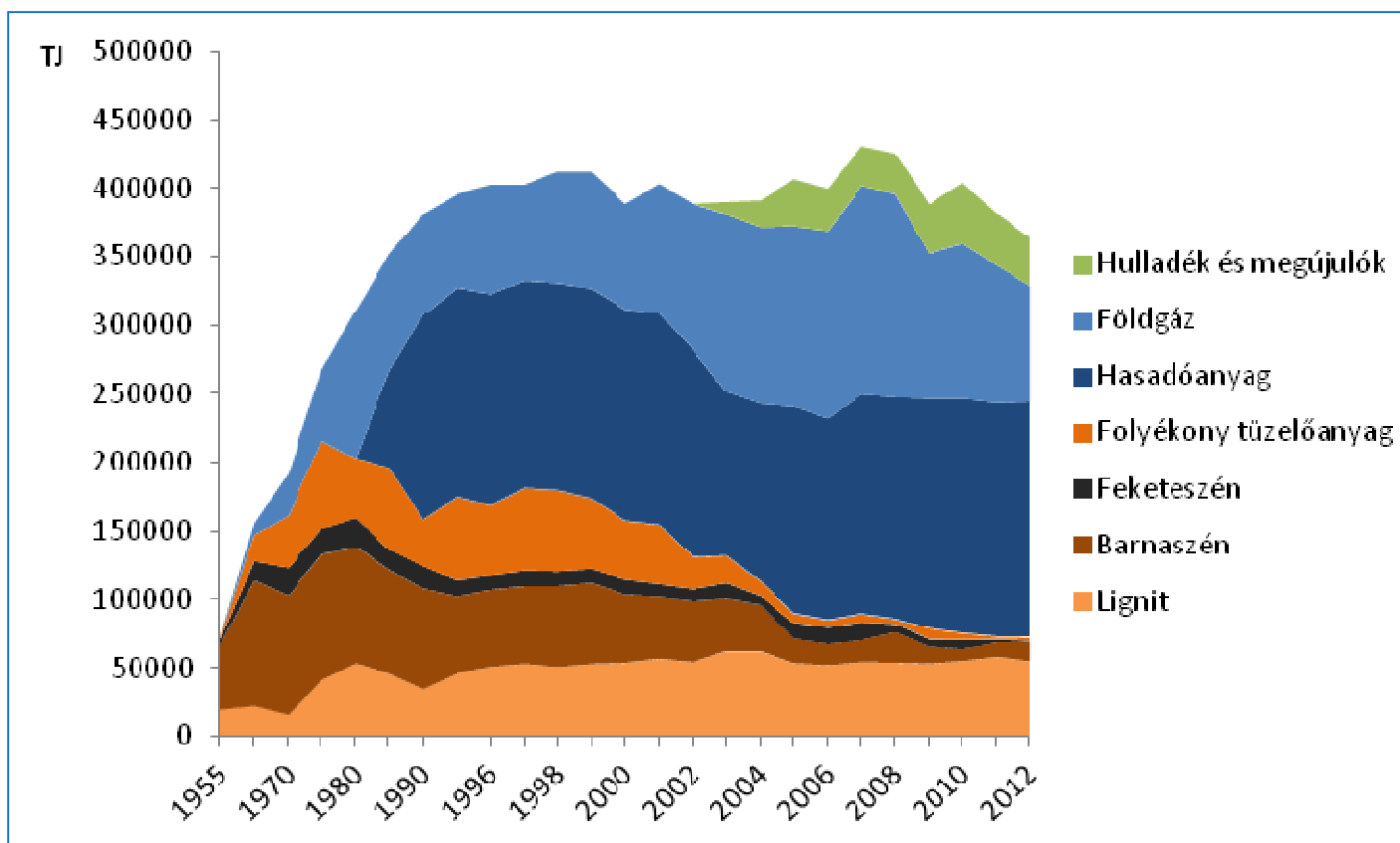
11. ábra: Magyarország villamosenergia-mérlege 1990 és 2012 között (kWh)
szerk: KSH 2013d alapján Sáfian F. (Megjegyzés: belföldi felhasználás: fogyasztás+vesztések; felhasználás összesen: belföldi felhasználás+export)

A rendszerváltás óta 1992-ben volt a legalacsonyabb a hazai villamosenergia-fogyasztás (vesztésekkel együtt), majd lassú növekedéssel 15 év alatt összesen 25%-ot emelkedve érte el maximumát 2007-ben. Azóta 5 év alatt 5%-kal lett kisebb a fogyasztás, elsősorban a válságnak köszönhetően, azonban a csökkenő trend még mindig tart.

Mind a villamosenergia-import, mind az -export volumene megsokszorozódott az ezredforduló óta: 2012-ben 23,6 TWh (85 PJ) villamos energiát importáltunk (ennek azonban csak 30%-át használtuk fel belföldön) és 16,4 TWh (60 PJ) áramot exportáltunk (2000-ben ezek a számok: 6,2 TWh és 2,8 TWh) (KSH 2013d). Ennek oka elsősorban nem a fogyasztásban, hanem az áram kereskedelmének intenzívebbé válásában keresendő (azaz hazánk az áram szempontjából is egyre inkább tranzitországnak tekinthető). 2003-ban ugyanis megkezdődött a villamosenergia-piac több lépcsős

liberalizációja, amely 2008-tól már csak piaci alapon működik (kivéve a kötelező átvételi rendszer alá eső termelést) (Energetikai Központ 2011). A következő nagy ugrást 2010 jelentette, amikor megkezdte működését a magyar villamosenergia-tőzsde, melynek szervezője a HUPX (HUPX Magyar Szervezett Villamosenergia-piac Zrt.) (HVG 2010). 2012-től pedig elindult a

cseh-szlovák-magyar közös árampiac (MAVIR 2012), amely előreláthatóan Romániával és Lengyelországgal a közeljövőben, 2014-től pedig az egységes európai árampiac kezdi meg működését (MAVIR 2013).

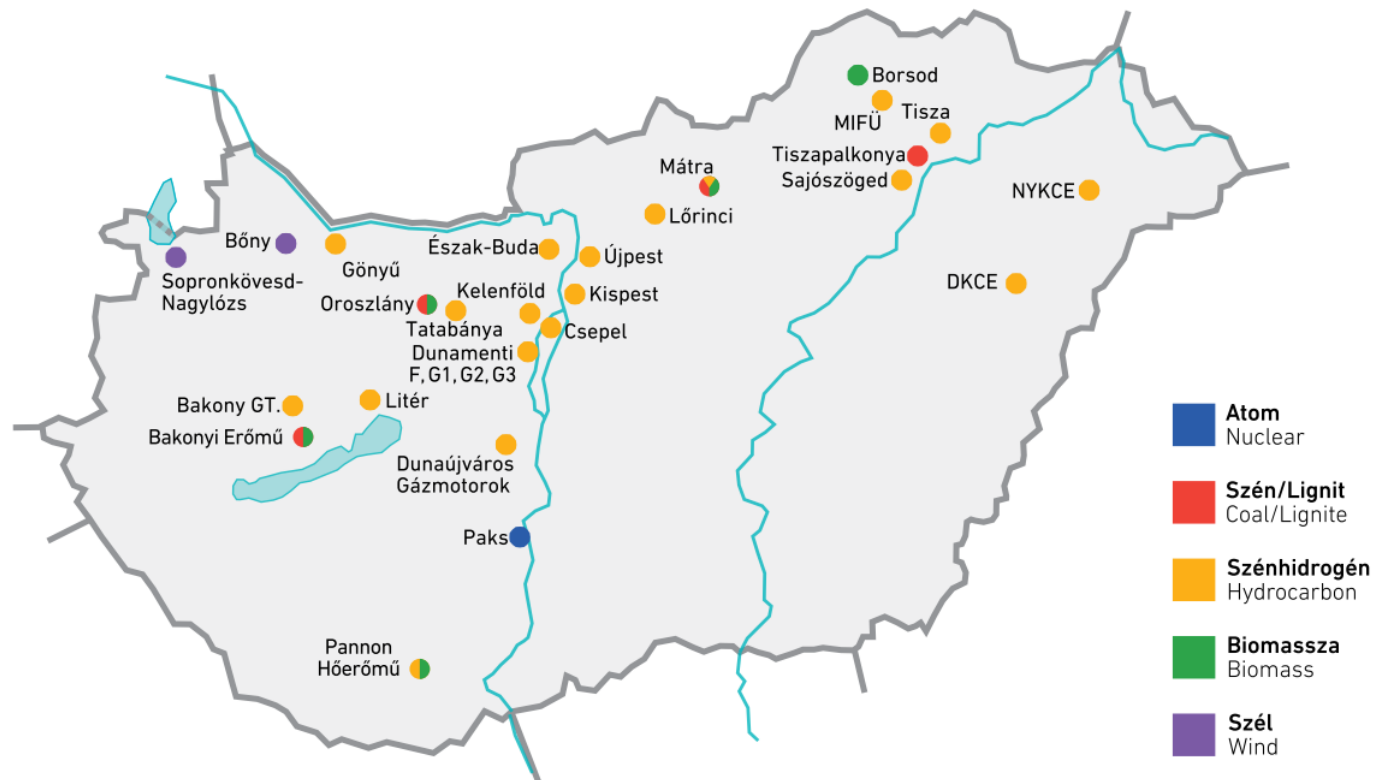


12. ábra: A hazai erőművek energiahordozó-felhasználása 1955-2012 között (1995-ig ötéves bontásban)(TJ) (szerk.: MEKH–MAVIR 2013 alapján Sáfíán F.)

A hazai termelés forrásmegoszlása az utóbbi húsz évben jelentősen átalakult:

- a fogyatkozó hazai barna- és feketeszén-készletek következtében a szénfélésegek közül mára a lignit felhasználása a legjelentősebb;
- a világszerte árszökkenés miatt a kőolaj és termékeinek felhasználása a villamosenergia-termelésben visszaszorult;

- a földgáz szerepe kedvező szállíthatósága és szabályozhatósága miatt a villamosenergia-termelésben is folyamatosan nőtt, a válság hatása azonban leginkább a földgázfogyasztás csökkenésén érzékelhető;
- az ezredforduló utáni években dinamikusan nőtt a megújuló energiaforrások felhasználása, a kedvezőtlen szabályozási környezet miatt azonban hazai fejlődésük megakadt, stagnál.



13. ábra: Rendszerszintű koordinációban résztvevő erőművek (többnyire 50 MW felett) Magyarországon, üzemanyagtípus szerint (MEKH–MAVIR 2013)

A magyarországi erőművek beépített kapacitása 2012. december végén 10 094 MW volt, ebből a rendelkezésre álló teljesítmény 8 307 MW (MEKH–MAVIR 2013). A villamosenergia-termelés igen centralizált, hiszen 86,2%-át 50 MW-nál nagyobb teljesítményű erőművek termelik. Ezek jelentős része elfogadhatatlanul alacsony, átlagosan 27%-os hatásfokkal működő (Büki G. – Lovas R. 2010) szén- és/vagy biomassza-tüzelésű erőművekből áll. Sajnos sok helyen hallani rövidtávú célokat kielégítő erdőhasználatról, ahonnan – ha a biomassza ráadásul egy ilyen erőműbe kerül – a kivágott és eltüzelt fában rejlő energia 70-72%-a hulladékhőként távozik a környezetbe. Legnagyobb kapacitással a 2000 MW-os Paksi Atomerőmű bír, mely – az atomerőművek esetében konvencionális 33%-os hatásfokkal – egymagában a villamosenergia-ellátás 47,2%-át biztosítja, ami első hallásra remek mutató, azonban az erőmű működésének árnyoldala, hogy a rendszer változó igényeihez nem képes alkalmazkodni, hiszen teljesítményének csak 5%-a (100 MW) szabályozható.

A helyzetet némileg javítják a kapcsolt energiatermeléssel működő erőművek, melyek a villamos energia előállításakor keletkező 2-3-szoros mennyiségű hulladékhőt is hasznosítják (legalábbis részben és inkább csak a fűtési szezonban), így összességében 70% fölötti hatásfokot is elérhetnek. Minél nagyobb kapacitással rendelkezik azonban egy erőmű, annál kevésbé megoldható a nagy mennyiségű hőenergia hasznosítása, hiszen az a hőveszteség miatt csak korlátozottan szállítható. A fenti korlátokat figyelembe véve a hazai kapcsolt energiatermelés térnyerése európai sikertörténet volt, hiszen 1998-ban a villamosenergia-termelés 10%-ról 2008-ra 21,7%-ra emelkedett (Energia Központ 2010). Az érem másik oldala, hogy az elsősorban a megújulókat támogatására szánt pénzügyi alap nagyobb részét a kogenerációs földgázerőművek szerezték meg, miközben hőhasznosításuk sok esetben csak névleges volt.

A hazai villamosenergia-rendszer egyik aktuális problémáját rugalmatlansága jelenti, vagyis az erőművek szabályozási lehetőségének korlátozottsága – a hazai névleges beépített kapacitásoknak ugyanis csak kevesebb mint harmada szabályozható. Emiatt az időszakosan működő megújuló energiaforrásokat jelenleg csak kis mértékben képes befogadni a villamosenergia-hálózat, sőt, erre hivatkozással új szélerőmű engedélyeztetésére évek óta nincs lehetőség. Az erőművek szabályozhatóságának korlátozottsága mellett problémát jelent a tározók hiánya (hőtartályok, tározós erőmű stb.), a nemzetközi együttműködések alacsony foka (ami a határon túl történő energiatározási lehetőségek igénybe vételére is negatívan hat), a fogyasztói oldal szabályozatlansága, de mindenekelőtt a hatalmas zsinórtermelő atomerőművi (és egyes szenes erőművi) kapacitás. Ezek magas és folyamatos rendszerterhelése mellett ugyanis a jelenlegi szabályozási és infrastrukturális keretek között csak igen kis arányú megújuló termelést képes befogadni a villamosenergia-rendszer. A nemzetközi tapasztalat mindenesetre azt mutatja, hogy ahol valóban cél a megújulóra alapozott áramtermelés részarányának növelése, ott képesek a hazainál jelentősen nagyobb részarányban is befogadni például a szélerőművek által termelt áramot. Igaz, ezekben az országokban nem a megújuló, hanem az atomerőművi termelést vélik kezelhetetlennek és leépítendőnek, és egy teljesen új szemléletű rendszerirányítási gyakorlat irányába folyik a fejlesztés. Kérdés, ha hazánkban megépülnek az új atomerőművi blokkok, lesz-e még pénz és lehetőség a hálózat fejlesztésére, rugalmas tározók és termelőegységek kialakítására, és nem utolsósorban: igény a környezetre lényegesen kisebb terhelést jelentő megújuló alapú áramra a rengeteg atomerőművi termelés mellett?

Felhasznált irodalom

Büki G.–Lovas R. (szerk.)(2010): Köztisztületi Stratégiai Programok. Megújuló energiák hasznosítása. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, p. 98.

Energetikai Központ (2011): Villamosenergia-piac liberalizációja – az Energetikai Központ weboldala. (letöltve: 2013. 10. 07.)
<http://www.energetikaikozpont.hu/villamosenergia-piac/villamosenergia-piac-liberalizacioja>

Energia Központ (2010): A hasznos hőigényen alapuló kapcsolt energiatermelés belső energiapiacra való támogatásáról és a 92/42/EGK irányelv módosításáról szóló 2004/8/EK irányelv szerinti adatszolgáltatás. 21 p. (letöltve: 2011. 07. 18.)
http://www.energiakozpont.hu/download.php?path=files/energiastatisztika/kapcsol_tstatisztika100106.pdf

Energia Központ (2011): Energiaforrások szerkezete, 2000-2009. (letöltve: 2011. 07. 17.)
http://www.energiakozpont.hu/download.php?path=files/energiastatisztika/Energia_forrasok-szerkezete.pdf

Eurostat (2010): Energy. Introduction. (letöltve: 2011. 07. 20.)
<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/introduction>

Eurostat (2011): Energy Balance Sheets 2008-2009. Eurostat Statistical Books. 528 p. (letöltve: 2011. 07. 13.) http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-EN-11-001/EN/KS-EN-11-001-EN.PDF

Eurostat (2013a): Electricity generated from renewable sources - annual data. (letöltve: 2013. 09. 22.)
<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/data/database#>

Eurostat (2013b): Energy dependence. (letöltve: 2013. 09. 23.)
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/data/main_tables#

Eurostat (2013c): Energy Balance Sheets 2010-2011. Eurostat Statistical Books. 560 p. (letöltve: 2013. 09. 23.)
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-EN-13-001/EN/KS-EN-13-001-EN.PDF

Faragó T. – Kerényi A. (2003): Nemzetközi együttműködés az éghajlatváltozás veszélyének, az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére. KvVM, Debreceni Egyetem, Debrecen–Budapest.

Gáspár E. (2009): Magyarország geotermikus adottságai – termálkarszt gyógyvizek Magyarországon. A Miskolci Egyetem Jelentése, A sorozat, Bányászat, 77., pp. 181-188.

Hunyár M.–Veszprémi K.–Szépszó G. (2006): Újdonságok Magyarország *szélergia* potenciáljáról. In: Dobi I. (szerk.): Magyarországi szél- és napenergia-kutatás eredményei. OMSZ, Budapest.

HVG (2010): Élesben indul a magyar áramtőzsde július 20-án. (letöltve: 2013. 10. 07.)
http://hvg.hu/gazdasag/20100707_elsesben_indul_a_magyar_aramtozsde

HVG (2013): Megmenekül a Vértesi Erőmű, de megfizetjük az árát. (letöltve: 2013. 09. 23.)
http://hvg.hu/gazdasag/20130124_vertesi_eromu

Imre L.–Bohoczky F. (szerk.)(2006): Magyarország megújuló energetikai potenciálja. Az MTA Energetikai Bizottság, Megújuló Energia Albizottságának jelentése.

KSH (2011a): STADAT – 5.7.1. Végő energiafelhasználás (1995–2010). (letöltve: 2013. 09. 27.)
http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_ui009.html

KSH (2011b): STADAT – 5.7.4. Megújuló energiaforrásokból termelt energia, energiaforrások szerint (1995–2010). (letöltve: 2013. 09. 27.)
http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_ui012b.html

KSH (2011c): STADAT – 5.7.3. Megújuló energiaforrásokból megtermelt villamos energia részesedése (2000-2010) (letöltve: 2013. 09. 22.)
http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_ui011b.html

KSH (2013a): STADAT – 3.8.1. Energiamérleg (1990–2012). (letöltve: 2013. 09. 23.)
http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_qe001.html

KSH (2013d): STADAT – 3.8.2. Villamosenergia-mérleg (1990–2012). (letöltve: 2013. 10. 05.)
http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_qe002.html

Mádlné Szőnyi J. (2008): A geotermikus energiahasznosítás nemzetközi és hazai helyzete, jövőbeni lehetőségei Magyarországon. Ajánlások a hasznosítást előmozdító kormányzati lépésekre és háttér tanulmány, 105 p.
www.geotermika.hu/portal/files/mta-geotermika.pdf

Magyar Kormány (2008): Stratégia a magyarországi megújuló energiaforrások felhasználásának növelésére 2008-2020.
<http://www.nkek.hu/ext/download.php?id=145>

Marosvölgyi B. (2003): A Biomassza Termesztése, Jellemzői és Energetikai Hasznosítása. – In: Biomassza Hasznosítása a Hőtermelésben. Energiatermelő Kistérség, Körömdi Faapríték-fűtőmű, Körömdi.

MAVIR (2012): Elindult a cseh-szlovák-magyar árampiac – MAVIR közlemény. (letöltve: 2013. 10. 07.)
http://www.mavir.hu/documents/10258/13170/MAVIR_ZRt._120911.pdf/0f95e3aa-b63e-4d49-a2be-f07b653bd18a

MAVIR (2013): Megállapodás született a cseh-szlovák-magyar-lengyel-román piacintegráció további lépéseiről – MAVIR sajtóközlemény. (letöltve: 2013. 10. 07.)
http://www.mavir.hu/documents/10258/187066102/Sajt%C3%B3k%C3%B6zlem%C3%A9ny_5M+MC_20130826_hu_v%C3%A9gl_v2.pdf/33e4c5b4-48e4-4a5b-a1aa-9f27f9df210b

MEH (2011): A Magyar Energia Hivatal honlapja. Aktualitások. (letöltve: 2011. 06. 18.)
<http://www.eh.gov.hu/>

MEKH–MAVIR (2013): A magyar villamosenergia-rendszer (VER) 2012. évi statisztikai adatai. (letöltve: 2013. 09. 21.)
http://www.mekh.hu/gcpdocs/86/MAVIR_MEKH_VER_statisztika_2012.pdf
MOL Nyrt. (é.n.): Tények a földgázról. A földgáz felhasználása és forrásai. (letöltve: 2011. 07. 18.)
<http://www.mol.hu/gazkerdes/szallitas.html>

Munkácsy B. (2010): A területi tervezés szorításában – A széleenergia-hasznosítás hazai lehetőségei. in: Területfejlesztés és Innováció 4. 2. pp. 20-27.

Munkácsy B. – Kneip Zs. (2011): A széleenergia. In: Erre van előre! Egy fenntartható energiarendszer keretei Magyarországon - Vision Hungary 2040 1.0. Környezeti Nevelési Hálózat Országos Egyesület, Szigetszentmiklós, 155 p.

Munkácsy B. – Sáfaián F. (2011): A Vision 2040 Hungary energia-forgatókönyv által felvázolt jövőkép. In: Munkácsy Béla (szerk.)(2011): Erre van előre! Egy fenntartható energiarendszer keretei Magyarországon. Környezeti Nevelési Hálózat Országos Egyesület, Szigetszentmiklós, pp. 114-116.

Nemzeti Fejlesztési Minisztérium (2011): Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terve 2010-2020.
http://www.kormany.hu/download/2/b9/30000/Meg%C3%BAjul%C3%B3%20Energia_a_Magyarorsz%C3%A1g%20Meg%C3%BAjul%C3%B3%20Energia%20Hasznos%C3%A4t%C3%A1si%20Cselekv%C3%A9si%20terve%202010_2020%20kiadv%C3%A1ny.pdf

Tóth P.—Bulla M.—Nagy G. (2011): Energetika. Digitális Tankönyvtár, Győr, 218 p. (letöltve: 2013. 09. 27.)
http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021_Energetika/0021_Energetika.pdf

3.2 Helyzetkép a magyar energiatervezésről

Kohlheb Norbert

A tervezés fontossága

A fosszilis energiahordozók árának emelkedése, ellátási problémáik gyarapodása és a használatukkal kapcsolatos problémák, valamint a megújuló energiaforrások használatában rejlő kedvezőbb lehetőségének (pl. energiafüggettség csökkentése) következtében utóbbiak hasznosítása egyre inkább felértékelődik a jövőben mind környezetvédelmi, társadalmi és mind energiaellátás-biztonsági szempontból. Ezt támasztják alá az EU célkitűzései (Megújuló Energia Irányelv - 2009/28/EK, Európa 2020 Stratégia - COM(2010)2020), a kötelező nemzeti megújuló energia akcióprogramok, valamint egyes tagállamok (pl. Németország, Dánia, Ausztria) kiugró eredményei a megújuló energiahasznosítás terén.

Emiatt minden tagállam valamilyen mértékben átmeneti időszakot (transition) (Fisher-Kowalski, M. – Haberl, H. 2007) él át, egy átállási folyamaton megy keresztül, amelynek következtében több megszokott élethelyzet megváltozik, és ezzel az emberek is újragondolják szokásaikat. Ezek a változások azonban sokszor ismeretlen helyzetek elé állítanak bennünket és ezért ösztönösen ellenállunk (Bakacsi Gy. 2002). Mivel különbözőképpen ítéljük meg a változtatás szükségességét és sürgető voltát, az EU által előírt célkitűzések megvalósításában alapvető eltérés lehet, hogy azokat tudatosan megtervezve érjük el, vagy csak az előírt követelmények koncepciótlan teljesítésére szorítkozunk. Utóbbi esetben fennáll annak a veszélye, hogy mivel az előírások teljesítéséhez szükséges beruházások, fejlesztések nem egy összehangolt és megtervezett fejlesztés eredményei, későbbi működésük során környezeti-társadalmi problémákba ütköznek majd, és mindkettő következményeként a lakossági tiltakozás miatt be kell

szüntetni működésüket. A megújuló energiaforrások által okozott gazdasági, társadalmi és környezetvédelmi előnyök megvalósítása a rossz példák tanúsága szerint nem érhető el ugyanis egy, csupán a pályázatok kiírásait vagy a befektető érdekeit követő esetleges, koncepciótlan, a helyi adottságokat és igényeket figyelmen kívül hagyó fejlesztéssel. Ehhez a helyi közösség bevonásával, az adottságok teljes mértékű figyelembevételével elkészült megújuló energiastratégia szükséges, amely részletes tervezői munka eredményeként jön létre, és tartalmazza az adott terület, térség energia-önellátásra való törekvésének lépéseit. Az ilyen összehangolt, tervezett fejlesztés előnye pedig, hogy ki tudja használni mindazon lehetőségeket (környezeti, társadalmi és gazdasági szinten), amelyet a megújuló energiaforrások nyújtani képesek.

Tervezni tehát a megújuló energiahasznosítás esetén kiemelten is szükséges, főképpen akkor, ha nem csak kiegészítő lehetőségként, hanem – és ennek jelentősége egyre növekszik – teljes energiaigényünket ebből kívánjuk fedezni: a tervezés célja így a rendelkezésre álló természeti erőforrásokkal elérhető legmagasabb szintű önellátás, vagyis energiaautonómia elérése.

A tervezés, és különösen az energiatervezés kevésbé szabályozott terület, valamint nem tartozik kizárólag egy kiemelt szakterület kompetenciájába sem. Ennek oka, hogy alapvetően multidiszciplináris feladat! Eddig szakmaközi együttműködések hiányában nem áll rendelkezésünkre kötelezően előírt eljárásmod és alkalmazandó módszertan, így ennek következtében igen sok és sokféle tervezési megközelítés közül választhatunk céljaink és lehetőségeink mérlegelése alapján. Fejezetünk célja, hogy segítsen eligazodni a választható megközelítések között, képet adva előnyeiről és gyenge pontjairól egyaránt. Kísérletet teszünk a hazai energiatervezési kezdeményezések rövid értékelésére egy, az általunk optimálisnak tartott módszertan alapján kialakított értékelési szempontrendszer segítségével. Így első lépésben a lehetséges általános tervtípusokról, majd egy optimálisnak

tartott tervezési megközelítés bemutatásáról lesz szó. Végül a kialakított értékelési módszertan segítségével értékeli az hazai energiatervezési gyakorlatot és megfogalmazzuk néhány jobbító szándékú javaslatot.

Tervtípusok

A tervezés a jövőbeli feladatok megfogalmazása, megvalósításuk előkészítése (Bodorkós B. 2010), amelynek eredményeképpen létrejön a helyzetkép és a jövőkép leírását, a célkitűzéseket és a célok eléréséhez szükséges lépéseket, valamint azok ütemezését tartalmazza (Ónodi G. 2010). Alapvetően két tervezési típust különböztethetünk meg. Az egyik a **felülről lefelé** történő, a másik pedig az **alulról fölfelé** történő tervezés. A felülről lefelé történő, vagy más néven szakértői tervezés módszertana alapján az általában külső tervező játssza a központi szerepet, aki megfelelő szakmai felkészültséggel a helyi viszonyok ismeretében racionálisan meghatározza a célokat és szakmai indokok alapján megfogalmazza a célok eléréséhez szükséges lépéseket. Ettől némileg eltérő módon az alulról fölfelé történő tervezéskor a helyi közösség áll a középpontban, és a végső döntést a célokat és intézkedéseket illetően, esetleges szakértői segítséggel ők hozzák meg. Tehát míg az előző esetben a tervező a helyi érintettektől is gyűjt információt, addig a részvételi tervezés során a szakértők adnak tanácsot a helyi közösségnek. A szakértői tervezés törekszik a racionalitásra, míg a közösségi tervezés elfogadja a helyi szubjektivitást, az egyes érdekek különbözőségét, amelyet a tervezés során igyekszik konszenzusra hozni (Bodorkós B. 2010). Ugyanis a közösségi tervezés során az egyes érintettek, csoportok már a helyzetfeltárás szintjén kapcsolatba kerülnek egymással. Ezáltal a tervezés során fontos információk ismertté válnak minden résztvevő számára, nyilvánossá válnak az érdekeik, szándékaik, valamint elképzeléseik a tervvel kapcsolatban. „A terv a közös gondolkodás során valamiféle konszenzussal jön létre, s így mindenki, aki erre bármiféle készletet érzett,

maga is részt vett annak megalkotásában” (Madaras A. [szerk.] 2010). A gyakorlatban a két tervezési típus közötti határok nem ilyen élesek és egymással párhuzamosan is jelen lehetnek egy stratégiaalkotási folyamatban.

Tulajdonképpen mindkét tervezési típus esetében az energiatervezés, energiastratégia-alkotás és a stratégia megvalósítása során a helyi közösségnek kiemelkedő szerep jut. Egyrészt a helyi adottságok (pl. energiafogyasztási szokások, helyi biomassza hozamok, földhasználati jellemzők és lehetőségek) feltérképezése nem, vagy csak igen nehezen lenne megvalósítható a közreműködésük nélkül. Másrészt a helyi igények, a technológiák elfogadottsága, a műszaki, környezeti és társadalmi illeszthetőség kérdése szintén nem, vagy csak pontatlanul állapítható meg a helyi közösség részvétele nélkül. Az elvárt vidékfejlesztési hatás is csak a helyi érintettek minél nagyobb mértékű bevonásával teljesedik ki igazán. Valójában a stratégia megvalósíthatósága áll vagy bukik azon, hogy a helyi közösség mennyire tudja magáénak érezni, mennyire tud azonosulni annak céljaival. Ennek biztosítása a leginkább akkor szavatolt, ha maga az érintett helyi közösség fogalmazza meg problémáit és a saját vízióját, és a változtatás és a stratégiaalkotás igénye belülről fogalmazódik meg. Ezt leginkább az energiatervezés kapcsán a helyi közösségek bevonása, a részvételi tervezés megvalósítása.

Ha a felülről lefelé történő vagy külső kezdeményezésen alapuló tervezésről van szó, a közösség többnyire ellen fog állni a tervezett változtatásoknak, hiszen nem szívesen adja fel korábbi megszokásait. Ebben az esetben különböző meggyőzési technikák (kompenzáció), illetve változásvezetési taktikák kerülhetnek alkalmazásra. Ezek közül a legneutrálisabb a felvilágosító-oktató taktika, míg a legnagyobb kockázattal a manipulatív taktika járhat, ugyanakkor a részvételi taktika, mivel az érintettek

bevonásával történik, kedvezőbb fogadtatásnak örvendhet, mint a kívülről jövő javaslatok (Bakacsi Gy. 2002).

A részvételi tervezés előnyeit az alábbiakban összegezhetjük:

- Az egyeztetés és kompromisszumos döntés következtében a résztvevők konfliktusokat kerülhetnek el a tervezés során, ezzel a megoldás működőképesebb beruházásokat eredményezhet.
- A helyi tudás bevonása sokszor új, és a helyi körülményekhez jobban illeszkedő megoldásokat hozhat felszínre.
- A helyi közösség saját elvárásainak megfelelő technológiai megoldások születhetnek.
- Az egyes technológiai lehetőségek megvalósítását sokkal nagyobb hajlandósággal fogadja el a helyi közösség, ha annak kialakításában már a tervezés kezdetén ténylegesen is részt vehet.

Hátrányai között azonban kétség kívül a nagyobb idő- és költségigényt kell megemlíteni (Bodorkós B. 2010).

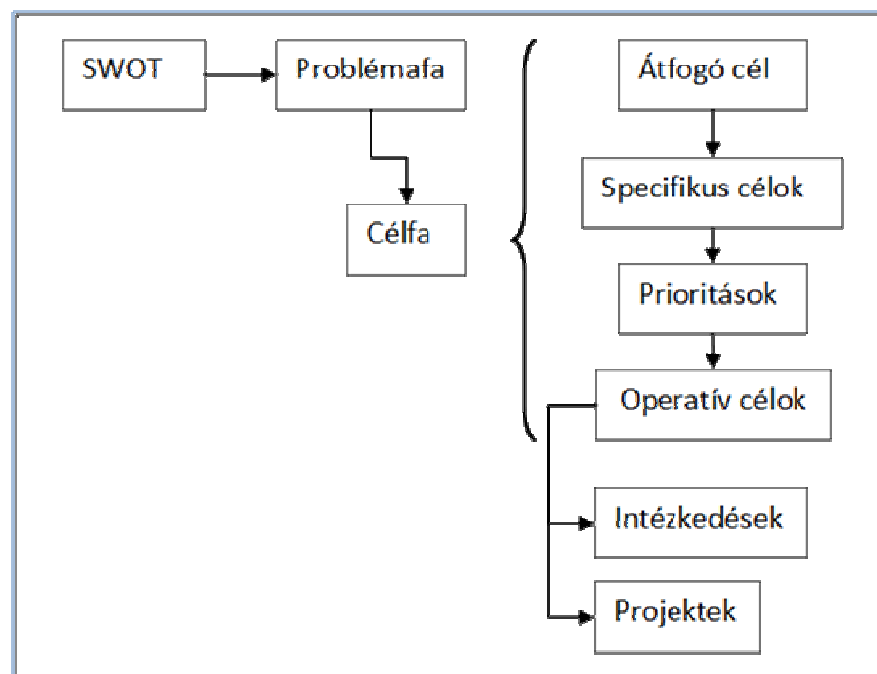
Általános tervezési keret és módszer

Az általános stratégiai tervezés lépései során a jelen helyzetből és helyi adottságokból kiindulva fogalmazzuk meg az elérendő célt, a víziót, valamint a kívánt cél eléréséhez szükséges lépéseket, erőforrásokat, szükséges szervezeti kialakításokat. Ezért a stratégiaalkotás során az alábbi lépéseket célszerű végigjárni:

1. Helyzetfeltárás
2. Jövőkép kialakítása
3. Útiterv meghatározása a cél eléréséhez

A helyzetfeltáráshoz SWOT-analízis készítése javasolt, amelynek segítségével megfogalmazhatóak és problémafa formájában strukturálhatóak a

problémák, javítandó helyzetek. A problémafa és a helyi lehetőségek ismeretében megfogalmazható az elérhető átfogó cél és a specifikus célok, prioritások valamint operatív célok/beavatkozási területek rendszere (Ónodi G. 2010). Az operatív célokhoz pedig intézkedések, projektek kapcsolhatók felelősökkel, határidőkkel és költségvetéssel. Fontos, hogy az intézkedések időben ütemezettek legyenek. A részletes tervezést éves szinten készülő akcióprogramokkal valósíthatjuk meg, melynek keretében a körülmények változásával az ütemezés és a konkrét intézkedések újragondolhatók.



14. ábra: A tervezés szintjei és eszközei (szerk.: Kohlheb N.)

Stratégiai szintek

Tervezni azonban több tervezési szinten lehet. A legátfogóbb a nemzeti szint, ahol egyaránt készülhet klíma- és energiastratégia (pl. Nemzeti Éghajlatvédelmi Stratégia; 40/2008 OGY határozat; Nemzeti Energiastratégia 2030) is, továbbá a megújuló energia hasznosítási cselekvési terv (Megújuló NCsT). Ezen dokumentumok a fő prioritások megfogalmazását és azok elérésének fontosabb lépéseit fogalmazzák meg országos szinten, azonban tényleges intézkedéseket és térségi következtetéseket, vagyis hogy hol milyen fejlesztésnek kellene megvalósulnia, nem tartalmaznak. Tehát nehezen válthatók aprópénzre, nehezen operacionalizálhatóak, ennek következtében pedig kevésbé tudnak hozzájárulni az energiaautonómia megvalósításához. Sokkal célravezetőbb lenne tehát az országos szintű stratégiákat, akcióprogramokat a helyi stratégiákból és programokból összeállítani és ezzel egyben térben is elhelyezni a fejlesztéseket.

A következő szintet a regionális stratégiák jelentik, amelyek szerepe lehet döntéstámogató, és felmérve a térség lehetőségeit, képet adva az adottságokról (SWOT) javaslatokat fogalmaznak meg a fejlesztés irányát illetően. A javaslatok tartalmazzák az energiahatékonyság, fenntartható energiagazdálkodás lehetőségeit egyaránt. Ezen tervezési szint nagy előnye, hogy kellően nagy területet fog át az egyes települési, illetve kistérségi együttműködési lehetőségek megfogalmazásához, hiszen az egyes erőforrások ritkán végződnek a település vagy kistérség határán, növelve ezzel a fejlesztési lehetőségek körét. Ehhez azonban szükséges az, hogy a stratégia ne csak a régió, hanem az alegységek szintjén is elkészüljön, vagyis az országos stratégiához hasonló módon alulról építkezve kerüljön összeállításra a régiós stratégia is.

A következő szintet a települési, illetve járási stratégiák képezik, amelyek az adott település vagy települések lakossági, de sok esetben elsősorban önkormányzati energiaellátásával vagy éghajlatvédelmi kérdéseivel

foglalkoznak. A régiós stratégiához hasonlóan szintén lehet döntéstámogató vagy már elfogadott úttervet megfogalmazó. Mivel a helyi adottságokat részletesen képes figyelembe venni, így nagy előnye, hogy jó esetben konkrét lépéseket tartalmazhat a kitűzött cél elérését illetően.

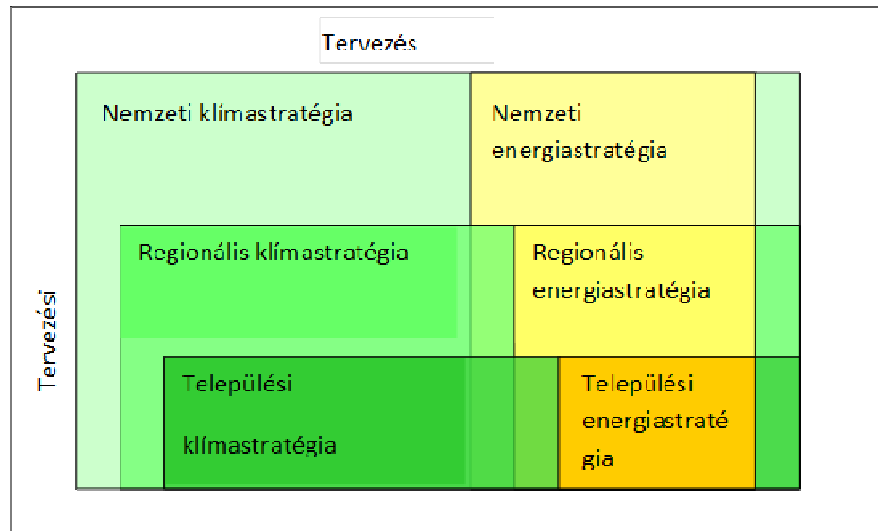
A tervezés legalsó szintjét az épületek, épületegyüttesek energiaellátása jelenti, amely leginkább épületgépészeti és építészeti szakterület, és ennek megfelelően jól kialakított szakmai szabályozás alá tartozó feladatkör. Ezen a szinten kevésbé jellemző a stratégiaalkotás, bár a háztartások megújuló energiahasznosításra való átállásának lépéseit és ennek időbeli ütemezését egy települési energiastratégia keretében indokolt lehet elkészíteni.

Tervezés tárgya

A tervezés tárgyát illetően további különbségeket fogalmazhatunk meg. Alapvetően két fő fókusz különíthető el:

- Energiastratégia
- Klímastratégia

Az egyes stratégiákat és szintjeiket az alábbi ábra mutatja.



15. ábra: A stratégiák szintjei és tartalmi viszonyaik (szerk.: Kohlheb N.)

Összefüggéseiből adódóan az energiastratégia szükségszerűen részét képezi a klímastratégiának, amely elkerülési (mitigációs) és alkalmazkodási (adaptációs) részterületekkel foglalkozik, felölelve a hétköznapi élet csaknem minden területét. Ezzel ellentétben az energiastratégia az energiatakarékosságra, energiahatékonyságra és a megújuló energiaforrások hasznosítására szorítkozik általában. Lehetséges továbbá, hogy a klímastratégia részét képező energiastratégia csak egy-egy részét készítik el, ami lehet a megújuló energia vagy az energia-megtakarítási potenciál felmérése.

A fentiekből adódóan a klímastratégia alapvetően más célokat vall magáénak, mint az energiastratégia, azonban ezen célok egymással

összefüggenek. Így míg a klímastratégia az üvegházhatású gázok (ÜHG) elkerülését, csökkentését és ezáltal a klímaváltozás megállítását, az abból adódó veszélyek elkerülését kívánja megvalósítani, addig az energiastratégia sokkal kézzelfoghatóbb célokat tűz maga elé. Ilyenek az energia-önellátás helyi megújuló vagy fosszilis energiaforrásokkal, az energiafogyasztás csökkentése, illetve az energiaellátás biztonságának növelése és a költségek csökkentése.

A tervezési hibák és következményeik

A tervezési hibák általában illesztési hibák, vagyis a helyi adottságokhoz nem megfelelő mértékű fejlesztésekben nyilvánulnak meg. Az egyik legjelentősebb következménnyel járó a természeti környezethez való illesztési hiba. Ebben az esetben a környezet alapanyag-szolgáltató és hulladékfeldolgozó kapacitásának alulméretezése, illetve figyelmen kívül hagyása valósul meg. Oka a folyamatos és hosszútávú működőképesség feltételeinek negligálása, pl. alapanyagellátás biztonsága, és az erőforrás felélését ösztönző gazdálkodás. Hasonló horderejű következményekkel járhat az érintettek igényeinek háttérbe helyezése a tervezéskor, hiszen itt is a fejlesztés működőképessége forog kockán, ha a helyi közösség nem támogatja, vagy jobb esetben nem vallja magáénak a beruházást. Szintén tévkövetkeztetésekre vezet a túlságosan általános, nehezen operacionalizálható lépésekből álló stratégia is, valamint nagyban hozzájárul ahhoz, hogy tényleges fejlesztések a kidolgozás felületessége miatt nem tudnak megvalósulni. Ez a probléma azonban már a tervezési hibából adódó végrehajtási problémák közé tartozik. Ilyen típusú a helyi érdekekkel szembe menő erőltetett végrehajtás vagy az érintettek kihagyása a döntéshozatalból. Emiatt nagy valószínűséggel kialakul a NIMBY attitűd (Devine-Wright, P. 2011), ami társadalmi ellenállást és végül a tervezett fejlesztések

elmaradását vagy a már létrehozott infrastruktúra működtetésének felhagyását eredményezheti.

A fenti hibalehetőségeket figyelembe véve egy jól hasznosítható energiasztratégia jellemzőit az alábbiak szerint foglalhatjuk össze:

- Horizontális szélesség, amelynek értelmében a tervezés egyaránt foglalkozik a környezeti, társadalmi, műszaki, jogi és gazdasági részterülettel, tehát eléggé széleskörű;
- Vertikális mélység, ahol kellő részletességgel és megalapozottsággal nyújt segítséget az alternatívák közötti választáshoz és a végrehajtáshoz;
- Időbeliség: az intézkedések időbeli ütemezésének és egymásra való épülésének kialakítása;
- Társadalmi részvétel: már a stratégia kialakításának kezdetén biztosítja a lehető legmagasabb társadalmi részvételt és ezáltal a stratégia társadalmi beágyazottságát konkrét a tervezői és végrehajtói intézményrendszerre vonatkozó javaslatokkal, felelősségi körökkel;
- Követi a stratégiaalkotás klasszikus lépéseit: SWOT-ra alapuló probléma-cél-feladat, majd az erre épülő prioritások és operatív célok és legfontosabb projektek meghatározása (Somogyi N. 2012).

A magyar stratégiák

A magyar energiatervezési stratégiák jellemzésénél törekedve a jól leíró és operacionalizálható szempontok kialakítására az alábbi értékelési szempontokat alakítottuk ki:

- A felölelt témakörök (kellően átfogó módon tartalmazza a fontosabb területekre vonatkozó fejlesztéseket);
- a stratégiai tervezés általános lépései (fő cél, specifikus célok, prioritások, operatív célok/beavatkozási területek, intézkedések, projektek);
- a részvételi tervezés megvalósulásának, a helyi érintettek bevonásának mértéke;
- az operacionalizálhatóság mértéke (csak döntéselőkészítő vagy döntéssel bíró stratégia, felelősök, határidők, intézményrendszer-fejlesztés);
- a gazdaságossági számítások megléte, kidolgozottsága.

A klímasztratégiák hazánkban leginkább települési szinten készültek az EnergiaKlub, a Polgármesterek szövetségének (Covenant of Mayors) és a Klímabarát Települések Szövetségének módszereit alkalmazva. A klímasztratégiák fő célja egységesen az ÜHG csökkentése, a klímaváltozás okainak mérséklése esetleg felszámolása a tervezési egységben. A megoldások az élet minden területét felölelik. Tulajdonképpen egy életmódváltásra tesznek javaslatot, amely a közlekedéstől kezdve az épületenergetikai megoldásokon át a vízgazdálkodási és élelmezési kérdéseket egyaránt felöleli. Így a megújuló energiaforrások használata, valamint az energiatakarékosság és energiahatékonyság szerves része a klímasztratégiának.

Bár a neve alapján elsősorban a fenntartható energiahasznosításra (**Sustainable Energy Action Plan - SEAP**) vonatkozó útmutatóról van szó, mégis a klímasztratégiák minden részterületét felöleli és a legrészletesebb segítséget adja a stratégiaalkotáshoz a Covenant of Mayors „How to Develop a Sustainable Energy Action Plan Guidebook”-ja. A stratégia célkitűzésétől és felépítésétől az érintettek bevonásán át a megvalósítási lépésekig terjedő részletes útmutatóról van szó. Sajnálatos, hogy magyar fordítása egyelőre

nincs, hiszen az óriási segítséget nyújthatna a feladattal nehezen boldoguló kisebb települések tette kész önkormányzatainak.

A **Covenant of Mayors** útmutatója bár nem követi a stratégiaalkotás hagyományos lépéseit, a tervezési folyamatot rendre integrálják az önkormányzati szervezetrendszerbe és megjelölik annak felelőseit, intézményi lépéseit. Ez igen hasznos elem, hiszen ezzel egyben felelősöket jelöl ki, intézményi területeket nevesít, amelynek következtében a tervezés egyes lépései nem a levegőben lógnak, hanem valós személyekhez, szervezeti részekhez köthetők. Ugyanilyen fontos, hogy a tervezésnek sajátja a társadalmi részvétel valamilyen szintjének biztosítása. Bár a módszertan nem nevesíti, hogy az érintettek bevonása milyen módon, mikor és milyen döntési kompetenciákkal történjen, a tervezés folyamán többszöri is megjelenik az érintettek bevonásának, a társadalmi véleményezésnek és a nyilvánosság tájékoztatásának igénye.

Más klímastratégiák pontosan követve a klímavédelem eszköztárát, a programokat két nagy csoportra, megelőzésre és alkalmazkodásra osztják. A megelőzés oldalán az ÜHG csökkentését a módszertan négy területen tartja megvalósíthatónak: közlekedés, épületek és infrastruktúra energiafelhasználása, hulladékgazdálkodás és a helyi gazdaság fejlesztése. Fontosnak tartja továbbá az ÜHG-nyelés elősegítését fásítással, erdőtelepítéssel. Az alkalmazkodás terén az éghajlati extrémítások, a vízhiány és a tűzkár elleni védekezésre koncentrálnak. Mindemellett a figyelemfelkeltés, az „érzékenyítés” és a bevonás folyamatosan jelen van a stratégia során, annál is inkább, hiszen a programok nagy részét maga a lakosság valósítja, valósíthatja meg.

Általában a Klímabarát Települések Szövetségének klímastratégiáját talán az egyik legtagabb és legrészletesebb megközelítésnek nevezhetjük, ahol a társadalmi bevonás több szinten és már a stratégia első lépéseinél megvalósul, hiszen kiindulási pontját a helyi igények jelentik, és az érintettek

között a helyi döntéshozók mellett a lakosság, sőt a szomszédos települések lakossága is helyet kap. A Klímabarát Települések Szövetségének módszertanában a tervezés az igények és lehetőségek felmérésétől indul, és az alternatívák kimunkálásán át a megvalósíthatóság részleteit is tartalmazhatja. A kezdeményezés további előnye, hogy a már egyszer kidolgozott programokat a csoport többi tagja mintául használhatja a saját stratégiájának elkészítéséhez, amely komoly módszertani segítséget jelent. Hátrányának talán azt a szerteágazó, de elnagyolt szerkezetet említhetjük meg, melynek következtében a tervezés és a végrehajtás szervezeti beágyazottsága és a felelősségi viszonyok a klímareferensi státusz megfogalmazásán kívül kevésbé részletesen kerülnek kidolgozásra. A részletesebb intézményi háttérre vonatkozóan csak ajánlásokat fogalmaznak meg, ahol azonban az energiatanács és az energiafórum széleskörű társadalmi részvételt tesz lehetővé a döntéshozatalban. Sajnálatos, hogy a módszertan alapján készített stratégiák intézkedései többnyire általánosak maradnak, és csak kevés esetben utalnak specifikusan a település problémáira. Így kevés a konkrét település egyes problémáihoz kötődő feladat, és nem kerültek kijelölésre a feladatok felelősei sem. Hiányzik továbbá az egyes programok gazdasági, környezeti szempontú jellemzése, amely a pénzügyi megvalósíthatóság és a környezeti teljesítmény szempontjából jelent fontos információt a helyi döntéshozók számára.

Az energiastratégiákat készítőik alapján bonthatjuk tovább. Így beszélhetünk vállalatok (különböző fejlesztési ügynökségek, szakmai szervezetek, szakmapolitikai műhelyek) és egyetemi kutatóműhelyek által készített energiastratégiákról, illetve stratégiakészítési kísérletekről. Általában mindkét típus esetében célkitűzésként jelent meg a helyi energiaautonómia megvalósítása, erősítése.

A vállalatok által készített regionális energiastratégiában részletesen lebontott konkrét célmeghatározás a mellérendelt mutatókkal kevés esetben

szerepelt. Ezeket a konkrét célkitűzéseket inkább a helyi stratégiák tartalmazzák. Az energiastratégiák többségében alkalmazott módszertan volt a SWOT és a helyzetértékelés, valamint a potenciálbecslés. Ugyanakkor a feladatok időbeli ütemezése, a felelősök megnevezése, kapacitások hozzárendelése és a végrehajtás intézményrendszerének megtervezése, valamint a gazdaságossági kalkuláció már ritka elem a stratégiákban, amelyek hiánya nagyban csökkentette az operacionalizálhatóságot. Ezen hiányosságok leginkább a regionális stratégiákban jelentek meg, melynek következtében azok inkább döntéstámogató dokumentumnak használhatóak, mintsem végrehajtható programnak. Ennek következtében a régiós stratégiák inkább szakértő orientáltak, ahol az érintett lakosság bevonása csak a véleményezés és tájékoztatás szintjén valósul meg.

További gyakori hiányosság az energiastratégiákban, hogy az energiatakarékosság – energiahatékonyság – megújuló energiaforrások prioritási sorrend sokszor nem eléggé markáns, vagy egyáltalán nincs jelen. Ez leginkább annak az oka, hogy a beruházásokat nem környezeti, hanem leginkább gazdasági szempontok alapján értékelik, és a fenti prioritást egyes kiemelt támogatások felülírhatják. Szintén hiányzik a legtöbb települési stratégiából az integrálási törekvés a környező településekkel, térségekkel való közös problémamegoldás és közös fejlesztések területén.

A vállalatok által készített stratégiákban előfordul, hogy pontatlanok az elnevezések, a szóhasználat, ami már a dokumentum elnevezésében is megjelenhet. Például a dokumentumot energiastratégiának nevezik, tartalma alapján mégis klímavédelmi programot tartalmaz, hiszen célja az ÜHG kibocsátások csökkentése, és víz- és hulladékgazdálkodási, valamint közlekedési kérdésekkel is foglalkozik.

Általánosságban megállapítható ezekről a stratégiákról, hogy a helyi vagy járási szinten készített változatok sokkal részletesebbek, szakmailag kidolgozottabbak, több részletre kiterjednek (pl. pénzügyi vonatkozások,

figyelemfelkeltés, időbeli ütemezés), mint a régiós stratégiák, ahol inkább a szakpolitikai szabályozáson és az energiafogyasztási trendeken van a hangsúly.

Hazánkban több egyetemen, főiskolán is elindult a módszertani fejlesztés az energiatervezés területén, amelynek eredményeképpen néhány helyen már kidolgozott módszertan áll rendelkezésre. Különösen hasznosak azok módszertani kutatások, ahol **interdiszciplináris** (műszaki, szociológiai és jogi) team keretében történő helyzetfeltárás és a javasolt fejlesztés beilleszthetőségének vizsgálata (pl. Miskolci Egyetem, Szent István Egyetem). Veszélye azonban ezen módszertani fejlesztéseknek, hogy bár néhány tervezési részterületen a kiviteli terveknek megfelelő részletességű, azonban fontos stratégiai elemek, pl. a stratégiai tervezési elemek hiányoznak. Ezen kezdeményezések esetében fontos további feladat az egyes részterületek eredményeinek szerves integrálása egy működőképes stratégiává, akár a részletesség bizonyos mértékű felhagyásával.

Nagy feladat a **különböző tervezési szintek szerves összekapcsolása**, hiszen a települési szintek programjai a régió szintjén összeérve együtt képesek az egész régió célkitűzését megvalósítani. Fontos tehát, hogy az egyes települési programokat egymással összehangoljuk és a települési, illetve járási szint célkitűzéseinek összeolvasztásával fogalmazzuk meg a régiós célokat. Nem jó tehát az a gyakorlat, amikor a helyi és regionális stratégiai célokat a nemzeti programokból, stratégiákból vezetjük le, illetve ezekre hivatkozva igazoljuk a helyi, regionális célok helyességét, hiszen a regionális stratégiának szükségképpen a helyi, járási stratégiákból kell azokat összeegyeztetve felépülnie. Szintén hiba, hogy a régiós energiastratégia tartalmazza ugyan a kistérségi, ill. járási energiastratégiát, még sincs azonban szerves kapcsolat, egymásra épülés a kettő között.

Mivel a nemzeti stratégiák nem alulról építkeznek, bár a regionális és helyi stratégiák a keret szempontjából általában figyelembe veszik az EU-s és

nemzeti szint célkitűzéseit (amelyet azonban helytelen módon nem belőlük vezettek le), ez a felületes összefésülés mégsem jelent szerves kapcsolatot az egyes szinten készülő stratégiák között, hiszen az EU és a nemzeti szint céljai, prioritásai nem vihetők át egy az egyben a regionális vagy helyi szintre. Ennek következménye az, hogy a nemzeti, ill. regionális stratégia általánosan megfogalmazott prioritásait, intézkedéseit a regionális, illetve helyi szint nem tudja magára vonatkoztatni, és nem hajtja végre vagy nem veszi át saját szintű stratégiájába. Így a régiós stratégiák leginkább csak adatbázisként és módszertani útmutatóként szolgálhatnak a helyi energiastratégiák kialakításához. Ezzel azonban elveszítjük a kapcsolatot a helyi stratégiák szabályozási igényei és a jogalkotói lehetőségek között, vagyis a helyi stratégiák kialakításának és megvalósításának jogalkotói feladatai nem tükröződnek az országos stratégiában, és nehezen észrevehetőek a jogalkotók számára.

Javaslatok

Az alábbiakban az eddigi energia- és klímastratégia készítési gyakorlat tapasztalatai alapján néhány fontos javaslatot fogalmazunk meg, amelyek véleményünk szerint hozzájárulnak ahhoz, hogy működőképes és valóban fenntartható stratégiákat készíthessünk a jövőben:

- Első lépésben a helyi, járási és régiós stratégiák **harmonizációját** és összekapcsolását kellene megvalósítani. Itt valójában arról van szó, hogy a helyi energia- vagy klímastratégiák nélkül nincs is értelme regionális vagy országos stratégiát összeállítani, mert az nem lesz használható arra a célra, amire a stratégiák általában készülnek, jelesül hogy az elérendő célhoz vezessék az érintetteket. A magasabb szinten készülő stratégiáknak az a feladata, hogy összekapcsolják, integrálják az alacsonyabb szintek céljait, prioritásait, összehangolják az egyes intézkedéseket, valamint az

alacsonyabb tervezési szinten nem megvalósítható, de releváns lehetőségeket összehangolja az alacsonyabb szintek érdekeivel.

- A stratégia fókuszának meghatározásakor fontos szem előtt tartani, hogy a stratégiának - kellő részletességgel - **az adott tervezési területről** kell szólnia elsősorban, és nem a nemzetközi politikai trendekről. Különösen igaz ez a helyi vagy járási stratégiák esetében.
- A tervezésnél fontos a **helyi közösségi részvevők** túlsúlya és a tervezési folyamat endogén jellege, vagyis az, hogy a tervezés igénye és tevéleges megvalósítása az adott közösség belső kezdeményezéseként jelentkezzen.
- Szűk értelemben **a stratégia maga a döntés**, hogy a kitűzött célt hogyan és mikorra érjük el. Ilyen tekintetben elsősorban a régiós energiastratégiák tulajdonképpen csak elő-stratégiák, a tényleges stratégiát és intézkedési tervet ezen dokumentumok segítségével lehetne összeállítani persze a helyi adottságok és felelősök/döntéshozók érdekeinek részletes ismerete mellett.
- Fenntarthatósági szempontból fontos lenne a **megfelelő prioritási sorrend** biztosítása, még akkor is, ha az aktuális szakpolitikai prioritások nem ezt támasztják alá. Ennek alapján a megújuló energia-hasznosítás előtt elengedhetetlen az energiahatékonyság és az energia-megtakarítás kérdéseinek a tisztázása és az ebben rejlő lehetőségek kiaknázása. Csak így kerülhető el, hogy felesleges, működésképtelen beruházások jöjjenek létre, amelyek rövidtávon kizsigerelik a természeti- és emberi erőforrásokat egyaránt.
- A működőképes és megvalósítható stratégiák záloga a **részvételi tervezés** lehetőségeinek lehető legrészletesebb kidolgozása az ehhez szükséges időbeli és szervezeti keretek hozzárendelésével. Enélkül a részvétel nehezen lesz biztosítható és fontos információkat veszít, valamint a működőképességet kockáztatja a tervezés. Ugyanakkor az érintettek bevonása a megvalósításba nagyban növelheti a fejlesztés működőképességét és a társadalmi kohéziót.

Felhasznált irodalom

Bakacsi Gy. (2002): Szervezeti változás, szervezeti tanulás. In: Bakacsi Gy. – Bokor A.: Szervezeti magatartás és vezetés. KJK-Kerszöv Jogi és Üzleti Kiadó Kft, Budapest

Bodorkós B. (2010) Doktori értekezés, Társadalmi részvétel a fenntartható vidékfejlesztésben: A részvételi akciókutatás lehetőségei, Gödöllő

Devine-Wright, P. (2011): Public Engagement with Renewable Energy: Introduction. In: Devine-Wright, P. (ed.): Renewable Energy and the Public. From NIMBY to Participation. Earthscan, London

Fisher-Kowalski, M. – Haberl, H. (2007): Conceptualising, observing and comparing socioecological transitions. in: Fisher-Kowalski, M. Haberl, H. ed. Socioecological transitions and global change. Edward & Elgar Cheltenham, UK

Madaras A. (szerk.) (2011): Települések az energia-önellátás útján. Településfejlesztési füzetek 29. Patkós Stúdió Kecskemét

Ónodi G. (2010): Település- és területfejlesztés, Szent István Egyetem, Mezőgazdaság-és Környezettudományi Kar, Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet, Gödöllő: Egyetemi jegyzet.103 p

Somogyi N. (2012): A megújuló energiatervezés koncepcióinak összehasonlítása egy hazai település példáján. Szakdolgozat, Szent István Egyetem, Gödöllő

van den Berg, J., – Bruinsma, F. (2008): The transition to renewable energy: background and summary. In: van den Bergh, J.C.J.M. – Bruinsma, F.R. ed.: Managing the Transition to Renewable Energy. Edward Elgar Publishing, Cheltenham

Az elemzett stratégiák:

Angster T. – Kalcsú Z. – Magyar D. (2011): Nyugat-Dunántúli Regionális Energia Stratégia. Pannon Novum Nonprofit Kft.

Antal Z. L. – Takács-Sánta A. (2007): Tatabánya klímabarát település. Települési klímastratégia. MTA Szociológiai Kutatóintézet, Budapest 33 p.

Fülöp O. (2009): Klímakalauz. Első lépések a települési éghajlatvédelmi stratégiához. EnergiaKlub, Budapest

How to Develop a Sustainable Energy Action Plan (SEAP) – Guidebook. Covenant of Mayors. European Union, Luxembourg 2010

Kocsis T. – Kiss M. – Borkovics B. – Csanaky L. – Csikai M. – Fülöp O. – Király Zs. – Mayer K. – Perger A. (2012): Dél-Dunántúli Regionális Energia Stratégia. A MANERGY projekt keretében készült tanulmány. Dél-Dunántúli Regionális Fejlesztési Ügynökség, Pécs

Kohlheb N. – Mátyás I. – Somogyi N. (2011): Szada község energiastratégiája. Szent István Egyetem, MERT Műhely. A Coach Bioenergy Projekt keretében készült tanulmány.

A Miskolci Egyetem csernelyi komplex energetikai projektje. Magyar Energetika 2012/különszám

3.3 Hivatalos jövőképünk – a Nemzeti Energiastratégia értékelése

Meleg Dániel

Magyarország hosszú távú, 2030-ig szóló és 2050-ig kitekintő energiastratégiáját 2011 őszén fogadta el az Országgyűlés. Legfontosabb elvárásai az ellátásbiztonság, a gazdasági versenyképesség és a környezeti szempontok érvényesítése (NFM 2012). Az ellátásbiztonsággal összefüggésben kiemelt célkitűzés az ország energiafüggőségének csökkentése (a stratégia mottója: „függetlenedés az energiafüggőségtől”). A dokumentum öt fontos törekvést fogalmaz meg, bár ezek közül nem mindegyik szolgálja a célokat: az energiatakarékosság és energiahatékonyság fokozása, a megújuló energiaforrások részarányának növelése, a közép-európai vezetékhálózat integrálása, az atomenergia jelenlegi kapacitásainak megőrzése, valamint a hazai szén- és lignitvagyon környezetbarát módon való felhasználása a villamosenergia-termelésben.

Helyzetértékelés, peremfeltételek

A stratégia erőssége a globális, európai uniós és hazai energiagazdálkodás helyzetértékelése. Jól azonosítja a problémákat, kihívásokat: a fogyasztó fosszilis erőforrásokat, a klímaváltozást, az európai és hazai magas importfüggőséget, a magyarországi energiatermelés magas fosszilis energia arányát, az alacsony hatásfokú erőműveket, a hőenergiát pazarló épületeket, valamint a közúti teherszállítás túlsúlyát.

Ezek után a dokumentum – többnyire reálisan és helyesen – meghatározza a tervezést befolyásoló peremfeltételeket. A klímaváltozást tekintve a szerzők bizonytalanok a tekintetben, hogy mikor és milyen tartalmú globális

kibocsátási egyezmény születhet, ettől függetlenül törekedni kell a hazai emisszió mérséklésére, valamint az alkalmazkodást is lényeges feladatként jelölik meg. A fosszilis energiaforrások körüli bizonytalanságok ellenére a készletek csökkenésére és az árak növekedésére lehet számítani. Az olajhozam-csúcs miatt különösen súlyos a helyzet a kőolaj esetében, itt akár ellátási nehézségek is felléphetnek, ezért sürgősen át kell alakítani a közlekedés energiaszerkezetét. Emellett az Európai Unió is számos pozitív irányba ható kötelezettséget ír elő hazánk számára a klíma- és energiapolitikában, így például 2020-ig el kell érni a 13%-os megújuló részarányt a teljes energiafogyasztásban. A stratégia jelentős technológiai fejlődést feltételez 2030-ig. A megújuló energiaforrások egy része – ami ma még projekt szinten nem kifizetődő – gazdaságossá válik, valamint előrelépés várható az energiahatékonyság technológiáinak terén is. A stratégia 2030-ig félmillió fős népességcsökkenéssel számol, valamint – az uralkodó paradigmának megfelelően – a gazdaság növekedését tartja kívánatosnak, így a GDP jelentős bővülését prognosztizálja, azonban a szerzők által javasolt koncepció szerint primerenergia-igény az elképzelés szerint ettől elválik (decoupling), nem növekszik ezzel azonos ütemben – vagyis stratégiánk további növekedést céloznak meg.

Jövőkép

Az energiastratégia jövőképe több ponton is ellentétes a kitűzött célokkal: a fenntarthatóság és bizonyos értelemben az ellátásbiztonság is alárendelt a versenyképességhez képest. Úgy tűnik, hogy az érdekellentétekre ismét a nagy múlttal rendelkező fosszilis érdekcsoportok adták meg a választ, lehetőség szerint késleltetve a technológiai váltás bekövetkeztét. És míg természetesen érthető, hogy „egyelőre nem mondhatunk le a fosszilis energiahordozókról” (NFM 2012, 13. oldal), hiszen az energiagazdaságban igen hosszú üzem- és megtérülési idővel, vagyis lassú változásokkal lehet csak

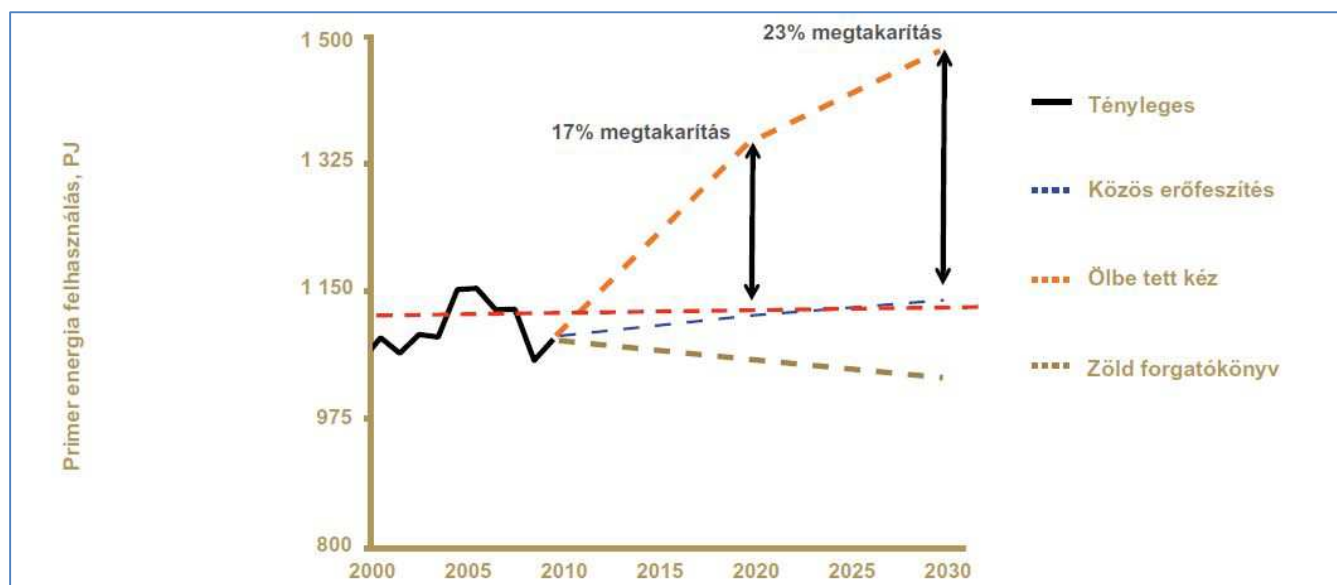
számolni, a kívánt fenntarthatósági eredmények nem fognak megvalósulni, ha a következő 20-40 évben még csak el sem indulunk az irányukba.

Primer energia

A stratégia az **primerenergia-fogyasztás** alakulása alapján három jövőképet vázol fel (16. ábra). Az „Ölbe tett kéz” a BAU forgatókönyvnek felel meg, ahol a társadalom nem tesz semmit a kitűzött célok elérése érdekében, és az energiaigények 2008-hoz képest 31%-kal nőnek 2030-ra. A „Zöld” forgatókönyv a fenntarthatósági szempontokat fokozottabban veszi figyelembe, így a kiterjedt energiahatékonysági intézkedések miatt az energiafogyasztás lassú csökkenését tartalmazza, valamint a megújuló energiaforrások aránya is itt a legmagasabb. A megvalósításra javasolt

középút a „Közös erőfeszítés” elnevezést kapta (az angol Policy megfelelője). Legfontosabb jellemzői:

1. a primerenergia-felhasználás legfeljebb enyhén, 1 150 PJ-ra növekedhet;
2. a villamosenergia-fogyasztás 1,5%/év ütemben növekedik;
3. teljes körű épületenergetikai programok indulnak;
4. nagyarányú elektrifikáció a közlekedésben, illetve jelentős közösségi és vasúti közlekedés áterhelés;
5. szerény mértékben növekvő megújuló arány és a paksi atomerőmű 2030 előtti bővítése;
6. jelentős erőművi- és hálózativesztesség-csökkentés (NFM 2012).



16. ábra: Magyarország primerenergia-fogyasztásának várható alakulása 2030-ig (NFM 2012)

Az „Ölbe tett kéz” forgatókönyv 31%-os energiafogyasztás-növekedése teljesen irreális, hiszen az elmúlt 20 évben a jelentős gazdasági növekedés ellenére sem nőtt ez a mutató, ráadásul az egyre jobb technológiákat alkalmazó energiahatékonyság fogyasztásmérséklő hatása külön ösztönzés nélkül is valamennyire érvényesülni fog. Feltételezhető, hogy ez a forgatókönyv csak azért került bele a stratégiába, hogy igazolni lehessen a „Közös erőfeszítés” jövőképét, mert így látszólag 2030-ban 23%-os megtakarítás érhető el. Valójában a „Közös erőfeszítés” forgatókönyv enyhe növekedést megcélzó energiafelhasználási célkitűzése erősen kifogásolható, hiszen a fenntarthatósági szempontok és az energiahatékonysági potenciál jelentős csökkentést kívánna meg. Ilyen szempontból még a „Zöld” forgatókönyv csökkentési célértéke is meglepően szerény.

Az „Ölbe tett kéz” jövőkép az energiafogyasztás növekedésének megakadályozását az energiahatékonyság fokozásával kívánja elérni. Ez önmagában pozitívum, de csak félmegoldás, ugyanis hiányzik mellőle az **energiatakarékosság** (az emberi tényező). A stratégia ugyan többször megemlíti a kifejezést, de általában az energiahatékonyság szinonimájaként, tehát helytelenül használja a fogalmat – ami megdöbbentő egy ilyen súlyú dokumentum esetében... Egy másik helyen a stratégia a nyugati fogyasztási szokásokhoz való „felzárkózásról” beszél, passzívan elfogadva a folyamatot. Ezzel ellentétesen a dokumentum tartalmazza a szemléletformálást is, de csak az általánosság szintjén, konkrét (számszerűsített) célkitűzések nincsenek. Lehet, hogy ezeket majd a Szemléletformálási Cselekvési Tervben kell keresnünk, melynek elkészítését az energiastratégia előírja. Összességében megállapítható, hogy az energiatakarékosság bizonytalan fogalomhasználattal, néha ellentmondásosan – és ami a legfontosabb –, nem kellő hangsúllyal szerepel. Ez pedig súlyos koncepcionális hiányosság, és jó példája az **egész stratégiát átható műszaki jellegű szemléletnek**.

Az energiastratégia az **energiahatékonyság** jelentős fokozását irányozza elő. A „Közös erőfeszítés” jövőképe szerint 2030-ig 189 PJ energia takarítható meg az „Ölbe tett kéz” forgatókönyvhöz képest. Ennek több mint fele az épületenergetikában várható. A stratégia helyesen ismeri föl, hogy a legkönnyebben az épületek pazarló hőfelhasználását lehet csökkenteni. 2030-ig átlagosan 60%-os felújítási mélységgel számol. Az elérhető legjobb technológiával ennél jobb eredményre is lehetne jutni, de a stratégia szerint – bár energetikailag kívánatos lenne – az ország pénzügyi lehetőségei ezt nem engedik meg. További fontos energiahatékonyság-növekedés várható az erőművek korszerűsítéséből és a villamos energia hálózati veszteségének csökkentéséből.

Az energiastratégia nem tartalmazza a primer energiafogyasztás szerkezetének alakulását, pedig ez alapvető követelmény lenne. Az energiamixek a felhasználás különböző területeire (villamos energia, hőenergia, közlekedés) rendelkezésre állnak, azonban szükséges lenne a teljes fogyasztást átfogó jövőkép felvázolása is. Mindössze annyit lehet tudni, hogy a megújuló energia aránya „20% közelébe emelkedik”, ami messze elmarad a lehetőségeinktől. Persze a mai energiafogyasztási szintet megtartva nem is könnyű nagy megújuló arányt elérni, ezért is lenne lényeges az energiatakarékosságra történő érdemi törekvés.

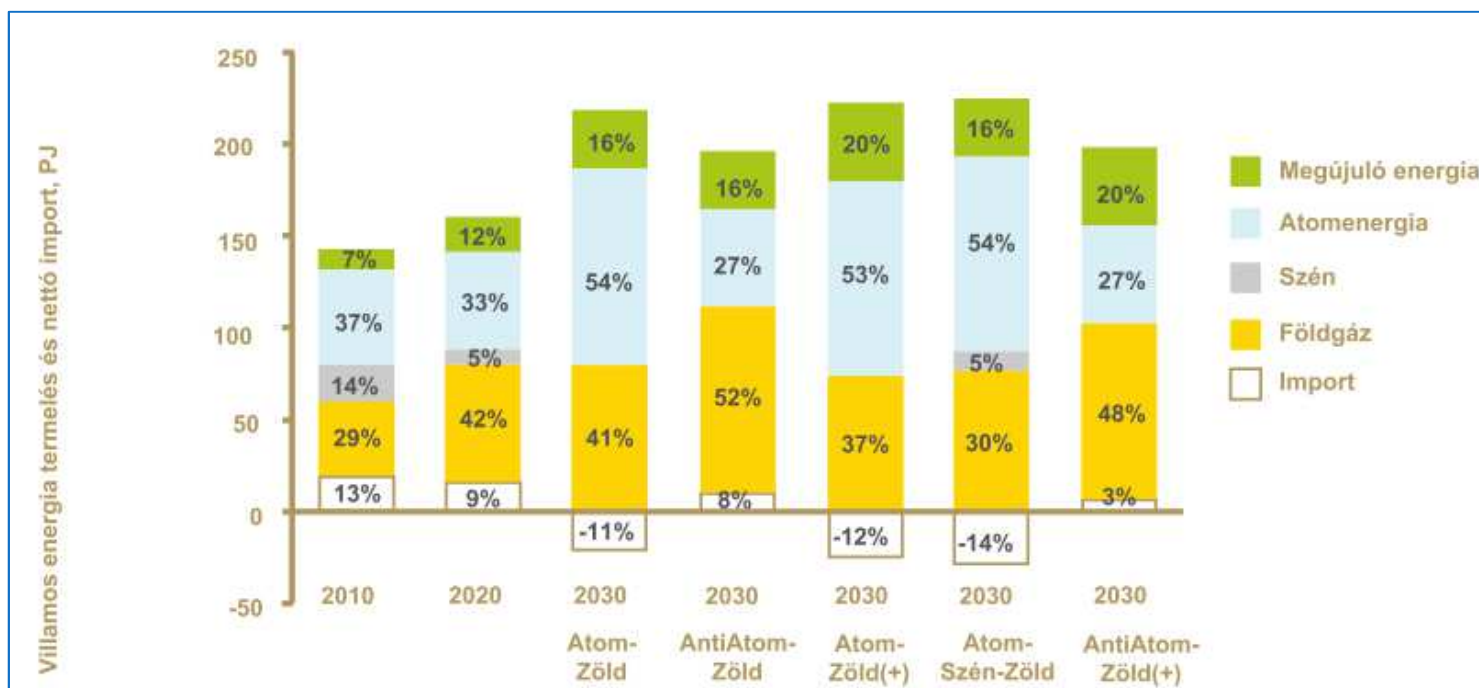
Villamos energia

Az energiastratégia a villamosenergia-termelés növekedését prognosztizálja (17. ábra), amit a hűtés-fűtés, valamint a közlekedés részbeni elektrifikációjával magyaráz, de benne van a nem eléggé ambiciózus energiahatékonysági célérték, valamint az energiatakarékosság szinte teljes hiánya is (a nyugati fogyasztási minták átvétele). A villamos energia arányának növelése a teljes energiafogyasztáson belül helyes irány, hiszen a villamos energia jól kezelhető, sokoldalúan felhasználható és megújuló alapon is előállítható másodlagos energiaforrás. Azonban az egyes

forgatókönyvek által felvázolt 2030-ig történő 55%-os növekedés túlzásnak tűnik. A beépített kapacitásokat vizsgálva ez még szembetűnőbb, különösen 2050-ben (18. ábra). A kapacitások megduplázása nem a fenntartható irányt jelzi. Ilyen mértékű bővülés mellett hiába csökken a földgáz aránya, abszolút értékben jelentős növekedés történik, ami teljesen ellentétes a peremfeltételekben is meghatározott klímavédelmi és energiafüggetlenedési célokkal.

A „Közös erőfeszítés” jövőképhez hat forgatókönyv született, melyek a villamosenergia-termelés lehetséges jövőbeli energiamixeit jelenítik meg a

nukleáris, megújuló és szén alapú termelés megléte vagy aránya szerint csoportosítva (17. ábra). Közös jellemzőjük, hogy az atomenergia és a földgáz szerepe együtt domináns, a megújulók 16-20%-os aránya szerény. Hiányosság, hogy a megújuló energiaforrások szerkezetét nem tartalmazza a dokumentum. A paksi bővítésen kívül is új atomerőművi blokkokkal számoló Atom(+)-Zöld forgatókönyv 2030-ig megegyezik az Atom-Zöld forgatókönyvvel, ezért nem szerepel az ábrán.



17. ábra: Magyarország várható villamosenergia-termelése a különböző energiamixek szerint (NFM 2012)

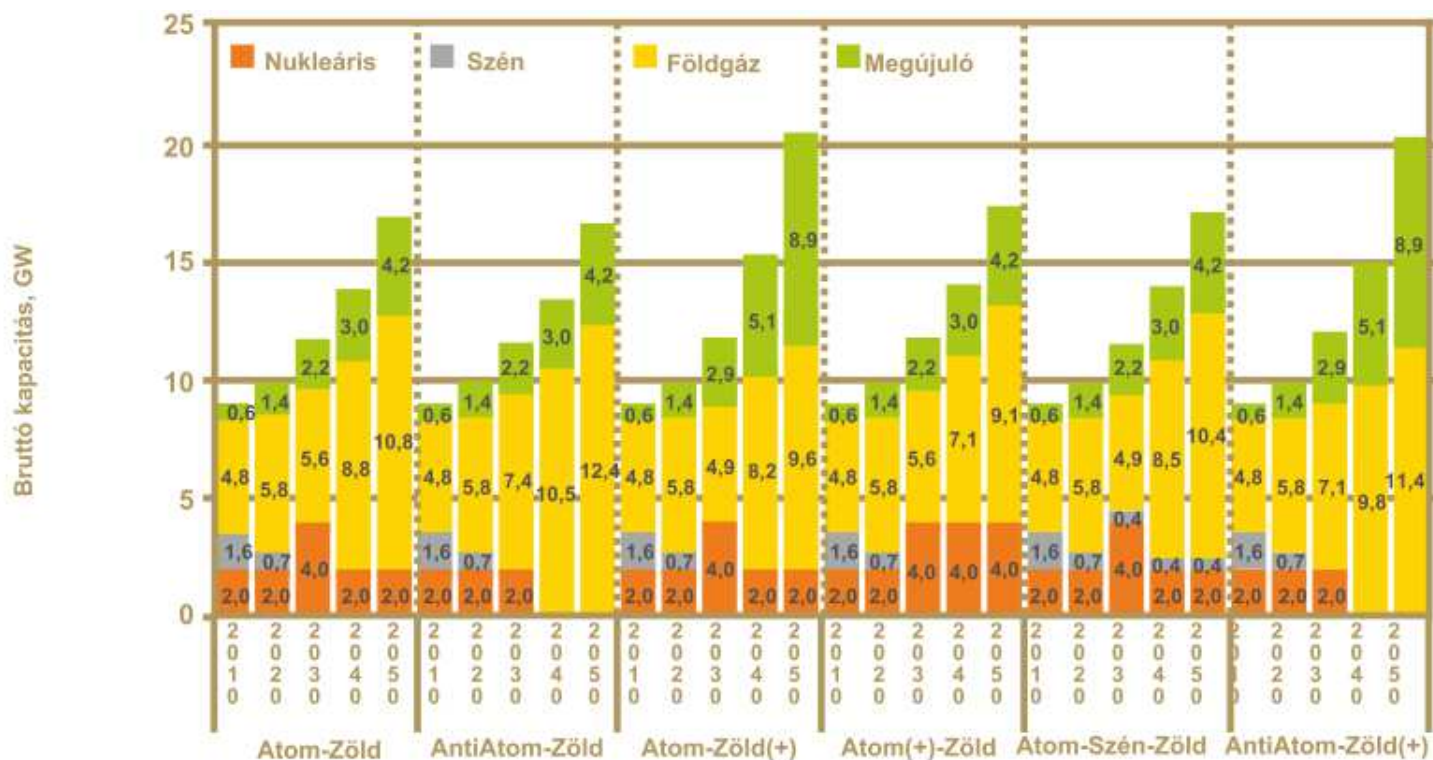
A stratégiaalkotók az Atom-Szén-Zöld forgatókönyv megvalósítását tartották a legreálisabbnak, mely szó szerint idézve a következőket jelenti:

- „az atomenergia hosszútávú fenntartása az energiamixben;
- szén alapú energiatermelés szinten tartása, azért hogy a szakma kultúra ne vesszen ki, és a hazai szénkészletek hasznosításának lehetősége megmaradjon. A jövőbeni nagyobb arányú felhasználás feltétele a tiszta szén és CCS technológiák alkalmazása;
- megújuló energia szempontjából az NCsT¹ 2020 utáni lineáris meghosszabbítása azzal, hogy az NCsT teljesítésének, a gazdaság teherbíró-képességének, valamint a rendszerszabályozhatóság és a technológia fejlesztések függvényében a kitűzött arány növelésére kell törekedni.” (NFM 2012, 73. oldal)

Meglepő, hogy a stratégiaalkotók a bevezetésben foglalt fő célokkal szemben igen megengedőek a külföldi erőforrást igénylő atomenergiával és a legnagyobb hazai szén-dioxid kibocsátású erőműveket működtető (Stróbl A. 2012), igen alacsony fűtőértékű szenet felhasználó áramtermeléssel szemben. Elég gyenge az az érv, miszerint ezt a korszerűtlen technológiát a szakmai kultúra megőrzése miatt kell életben tartani, sokkal inkább az iparág erős érdekérvényesítő képessége és a megújulókkal kapcsolatos ismeretek hiánya lehet a háttérben. A tervezett új, 400 MW-os széntüzelésű erőmű és az új atomerőművi blokkok ráadásul ellentétesek a decentralizációs célkitűzésekkel is. A mérsékelt ambíciózus, számos feltétellel korlátozott, és az atomenergiának alárendelt megújuló alapú termelésnek – a szerzők elképzelése szerint – a következő évtizedekben is csak kiegészítő szerep jut. Így lehet, hogy 2030-ban az Atom-Szén-Zöld forgatókönyv szerint

¹ *Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési terve 2010-2020, benne: 2010-hez képest a megújuló energiaforrások bruttó felhasználása 2020-ig megduplázódik.*

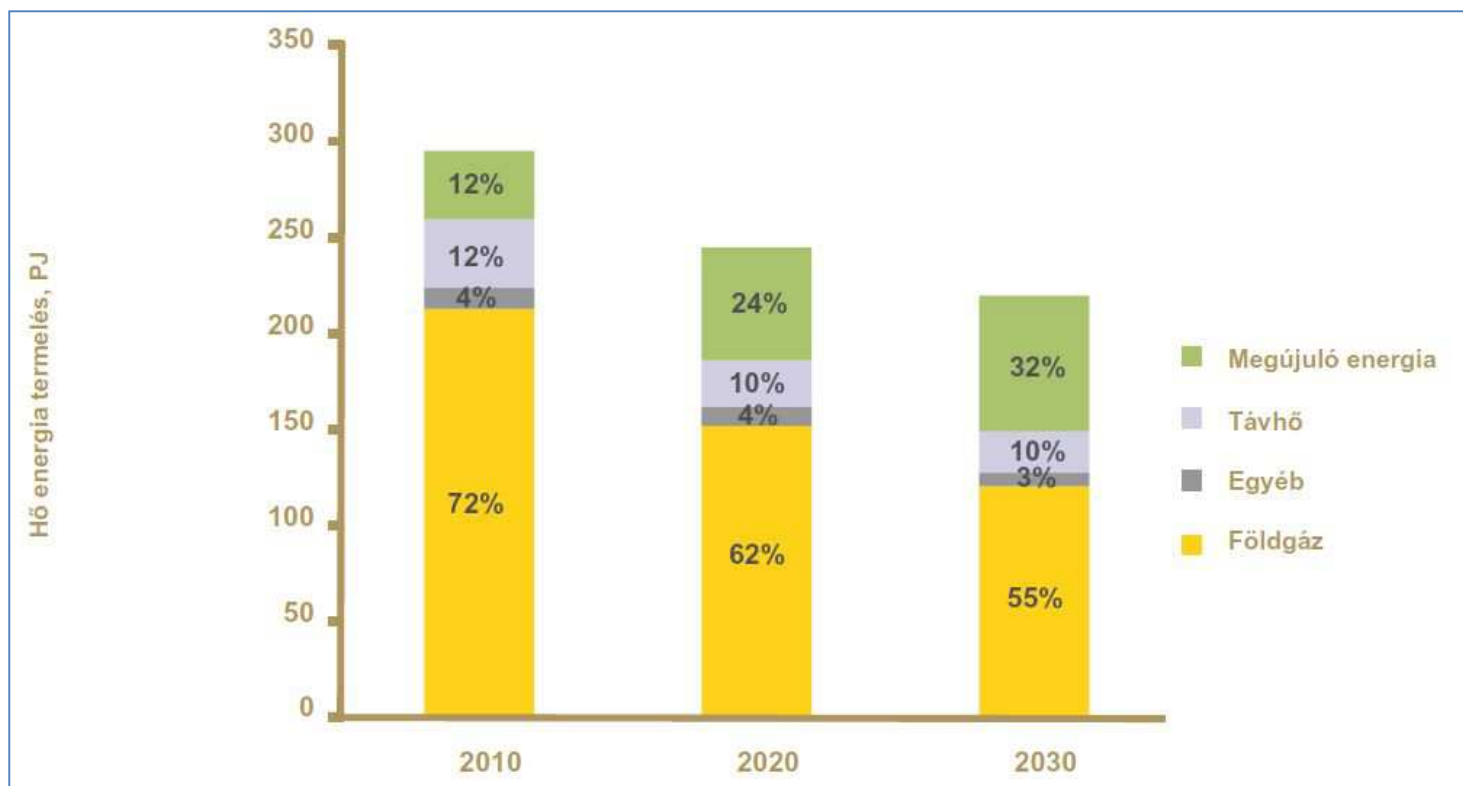
Magyarországon az addigra vélhetően igen költséges, döntően import földgáz jelenti majd a villamosenergia-termelés alapját. Ezt a paksi bővítésnek köszönhetően szintén jelentős atomenergia és némi megújuló alapú forrás fogja kiegészíteni, az addigra meglehetősen elavult technológiának számító, lignit- vagy barnaszén-tüzeléssel együtt, mely még a 2050-es energiamixben is helyet kapott (18. ábra). A forgatókönyv szerint 2050-ben a megújulók már az atomerőműveknél nagyobb kapacitásokkal rendelkeznek majd, a földgáz domináns szerepe ellátásbiztonsági és gazdaságossági szempontból azonban már önmagában aggasztóvá teszi ezt a jövőképet.



18. ábra: Magyarország várható villamosenergia-termelő kapacitásai különféle energiamixek szerint (NFM 2012)

A paksi bővítés számos más probléma mellett a rendszerszabályozhatóság megnehezítése, és így a megújuló energiaforrások átütő növekedésének ellehetetlenítése miatt aggályos. Ez a probléma 2025 és 2036 között fokozottabban fog jelentkezni, amikor a régi és új blokkok párhuzamosan

fognak termelni (19. ábra). Ebben az időszakban az atomenergia olyan mértékű dominanciája lesz jelen, hogy más erőműveket (köztük a megújuló alapúakat is) korlátozni kell majd, ami csökkenti a gazdaságosságukat.



20. ábra: Magyarország várható hőfelhasználása a lakossági és a terciér szektorban (NFM 2012)

A hőfelhasználás szerkezete is kedvezőbb, mint a villamos energia esetén, mert a megújuló energia magasabb, 32%-os arányt ér el 2030-ra. Itt főleg a biomasszára, a napenergia termikus hasznosítására, valamint a geotermikus energiára alapoz a stratégia, ezek szerkezetét azonban nem ismerteti. Olyan előremutató elemek is megjelennek, mint a biogáz-hasznosítás (pl. a tisztított biogáz betáplálása a földgáz vezetékhalózatba). A távhő is fontos helyett kapott a dokumentumban, bár kedvezőbb lett volna növelni az arányát. Alapját az elképzelés szerint a magas hatásfokú kogenerációs erőművek jelentik, melyek között egyre több decentralizált, megújuló energiát hasznosító létesítmény lesz. A stratégia ide sorolja a hulladékégetést is, ami

egyfelől nem tekinthető megújuló alapú megoldásnak, másfelől káros környezeti hatásai miatt sem értékelhető pozitívumként – mindemellett az égetés a hulladékgazdálkodás hulladékcsökkentésre irányuló alapelveivel is ellentétes.

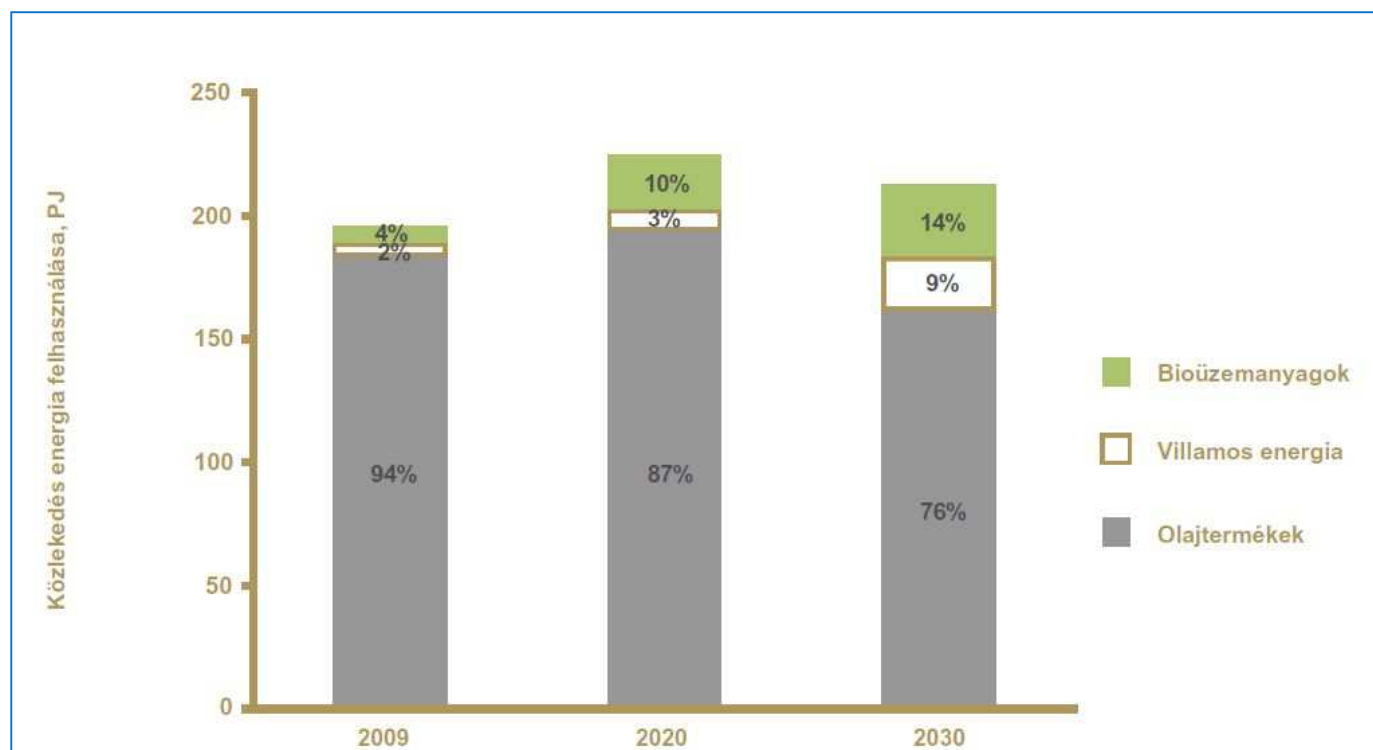
Közlekedés

A közlekedés fenntarthatóvá tétele jelenti a legnagyobb kihívást, mert ezen a területen a legnagyobb a fosszilis energia (elsősorban a kőolaj) aránya, és az

alternatív megoldások egyelőre számos problémával küszködnek. A helyzetet súlyosbítja, hogy a fosszilis energiaforrások közül elsőként a kőolaj hozamcsúcsa várható (2030 előtt biztosan, de valószínűleg már jóval előbb [Hetesi Zs. 2009]), így a közlekedésben lenne a legsürgetőbb az energiaszerkezet megváltoztatása.

Az energiastratégia a problémát ugyan felismeri, de nem tud rá megfelelő választ adni. A közlekedést 2030-ban továbbra is döntően kőolaj alapon képzelel el (21. ábra). Az alternatívát jelentő bioüzemanyagok és villamos

hajtás (amibe a stratégia a hidrogént is belesorolja) a „nagy” növekedés ellenére együttesen is csak 24%-ot érnek el. Kedvezőtlen az is, hogy a szerzők a közlekedési energiafelhasználás további enyhe növekedésével kalkulálnak. A stratégia szerint ugyan törekedni kell a mobilitási igények csökkentésére és az energiahatékonyság növelésére, de ezt ellensúlyozni fogja az 1000 főre jutó személygépkocsik számának növekedése.



21. ábra: Magyarország közlekedésének várható energiaszerkezete (NFM 2012)

A pozitív elemek közé sorolható a közlekedési módok szerkezetváltása (modal shift): a közúti felől a vasúti és vízi közlekedés felé való elmozdulás mind a személy-, mind az áruszállítás terén. Ennek része a „gördülő országút”: a tranzit teherforgalom közútról vasútra terelése (Ro-La). A kerékpározás és a tömegközlekedés szerepének növelése is célként szerepel – ám szerepük részletekbe menő bemutatása elmarad.

Összegzés

Összefoglalásként elmondható, hogy a Nemzeti Energiastratégia összességében jól ismeri fel a fennálló problémákat és határozza meg a peremfeltételeket, a megvalósítandó jövőkép azonban inkább a meglévő érdekekre fókuszál, a jelenlegi tendenciákhoz mintegy alkalmazkodva, azok extrapolálásával és nem a kitűzött célokat szem előtt tartó stratégiai tervezéssel készült el. Fel sem merül a dokumentumban, hogy a jelenlegi termelési és fogyasztási mintákat meg kellene változtatni.

Bár sok tekintetben előrelépést jelent a jelenlegi helyzethez képest, a fenntarthatóság felé csak szerény lépések történnek (energiahatékonyság és megújuló energiaforrások mérsékelt növelése, a hőenergia-felhasználás csökkentése).

A primer energiafogyasztás csökkentésének elmaradása és az energiatakarékosság szinte teljes hiánya egyértelműen rossz irány. A villamosenergia-termelés túlzott mértékben bővül. A szénbázisú termelés megtartása és a paksi bővítés a negatív környezeti hatásokon túl gátolják a megújuló energiaforrások átütő térnyerését. A stratégia nem ad megnyugtató választ az olajhozam-csúcs kihívására, mert a közlekedésben továbbra is domináns szerepet szán a kőolajnak.

Felhasznált irodalom

- Hetesi Zs. (2009): A világ helyzete, éghajlat, erőforrások, gazdaság. Az első elemzés bővítése.
http://www.ffek.hu/blog/hetesi_zsolt/vilag_helyzete_eghajlat_eroforrasok_gazdasag_elso_elemzes_bovítése (letöltve: 2012. 11. 11.)
- NFM (2012): Nemzeti Energiastratégia 2030. Nemzeti Fejlesztési Minisztérium, Budapest, 133 p.
<http://www.kormany.hu/download/4/f8/70000/Nemzeti%20Energiastrat%C3%A9gia%202030%20teljes%20v%C3%A1ltozat.pdf> (letöltve: 2012. 11. 11.)
- Stróbl A. (2012): Kiegészítő előzetes tájékoztató adatok a magyar villamosenergia-termelésről 2011-ben. prezentáció, 2012. február 29.

4. Nemzetközi kitekintés

4.1 A Zero Carbon Britain projekt – a jövő újraértelmezése

Munkácsy Béla

A különféle kutatóintézetek és nem-kormányzati csoportok szerte a világon igen komoly aktivitást fejtenek ki a fenntartható energiagazdálkodás előmozdítása érdekében. Az alábbiakban egy minden szempontból példaértékű, alapvetően civilekhez kötődő kutatási projektet mutatunk be, amely immár 4 évtizedes múlttra tekint vissza, és napjainkra megkerülhetetlen tényezővé vált az Egyesült Királyságban folyó energiatervezés terén.

Az 1973-ban alapított walesi székhelyű **Centre for Alternative Technology** (CAT) főként a fenntarthatósággal kapcsolatos oktatási-nevelési tevékenységet folytat a Snowdonia Nemzeti Park déli csücskében. A Machynlleth városától 5-6 km-re, az erdő mélyén található oktatóközpontjuk minden érdeklődő számára nyitott, főként iskoláscsoportokat, családokat lát vendégül – jelentőségét érzékelteti, hogy csúc szezonban 150 főt foglalkoztat. A szervezet 1994 óta MSc- és PhD-szintű egyetemi kurzusokat is kínál az East London Egyetemmel együttműködésben. Az itt folyó kiemelkedő színvonalú oktatómunkát ismerték el 2011-ben az Ashden Award for Training in Sustainable Technologies cím odaítélésével. Talán ennél is többet árul el a szervezetről, hogy az elméleti ismereteket a gyakorlatban alkalmazva egy energetikai értelemben teljesen autonóm, helyi építőanyagokból megépített épületkomplexumot üzemeltetnek, miközben a létesítmény a legmagasabb szintű igényeket is kielégíti – vélhetően a fentieknek is köszönhető, hogy az

épületegyüttes legújabb eleme, a konferenciaközpont 2011-ben, a RIBA (Royal Institute of British Architects) díját is elnyerte.



22. ábra: A CAT vályogból és fából épített konferenciaközpontja a hozzá kapcsolódó kiszolgálóépületekkel (forrás: <http://www.cat.org.uk>)

A központ a brit fenntartható energiatervezés egyik fellegrá. Kutatócsoportjuk első ízben **1977**-ben publikált forradalmi szemléletű alternatív energiastratégiát az Egyesült Királyság számára (Todd, R. W. – Alty, C. J. 1977 [szerk.]). Ebben a dokumentumban felhívták a figyelmet arra, hogy – egyes pénzügyi érdekkörök törekvéseinek ellenére – **nincsen összefüggés az emberi boldogság mértéke és az elfogyasztott energia mennyisége között!** Erre alapozva fogalmaztak meg forradalmi célként az elsődleges energiahordozók felhasználásában az 1975 és 2025 közötti 50 esztendő időszakra vonatkozóan mintegy 20%-os csökkentést. Megközelítésük még napjainkban is radikálisnak tűnik, noha már ebben a korai jelentésben hangsúlyozták, hogy a fenti csökkenés az életszínvonalra, az egy főre jutó

energiaszolgáltatások mértékére nem volna hátrányos hatással – köszönhetően annak, hogy a csökkentést kizárólag az energetikai hatékonyságnövelésre alapozták.

Egy hosszabb, 30 éves szünetet követően, a 2007-ben **Zero Carbon Britain – an alternative energy strategy** címmel megjelentetett 108 oldalas forgatókönyv (Foxon, F. [szerk.] 2007) meglehetősen messzire merészkedett, hiszen 2030-ra lényegében egy nulla karbonkibocsátású jövőképet és az odáig vezető utat vázolta fel. Ebben a modellben az ország, mint a környezetétől szigetként elkülönülő rendszer jelent meg, ahol az akkori technológiák figyelembe vételével, az akkori számítások szerint a teljes dekarbonizáció csak az atomenergia alkalmazásával valósítható meg. Fogadtatásának sikerét jól mutatja, hogy alig két hónappal annak parlamenti bemutatását követően, a Liberális Demokrata párt igen hasonló címmel (Zero Carbon Britain – Taking a Global Lead) vezette elő saját elképzelését – nem tagadva, hogy annak fő elemei a walesi intézet programján alapulnak.

A munka következő állomása a 2010 nyarán publikált **Zero Carbon Britain 2030 – a new energy strategy**, melyben már a nukleáris energia is teljesen kiszorul a rendszerből. A mintegy 50 kutató által jegyzett, az előző változathoz képest sok tekintetben korszerűsített és kiegészített 384 oldalas dokumentumban olyan megkerülhetetlen szempontokat is vizsgáltak és bemutattak, mint például az energetikai paradigmaváltás és a tájhasználatra változásának kapcsolatrendszere, valamint az átmenet pszichológiai vonatkozásai. Ez utóbbi fejezet különösen alapos (40 oldalas) és tartalmas, a hazai energetikus szakmai közösség érdeklődésére is feltétlenül számot tart!



23. ábra: A Zero Carbon Britain 2010-es verzióját Paul Allen, a projekt vezetője mutatja be az INFORSE-Europe hamburgi workshopján 2011 augusztusában – az „Erre van előre” kutatócsoport négy tagjának részvételével (fotó: Munkácsy B.)

A szerzők már a kötet elején ráirányítják a figyelmet arra, hogy az éghajlatváltozás kapcsán a legnagyobb felelősség a gazdag, iparosodott országokat terheli, ezért ezek kötelessége mihamarabb radikális lépéseket tenni a felhalmozódott problémák rendezése érdekében. A kutatók erre való hivatkozással javasolják, hogy az Egyesült Királyság kormánya minél előbb dolgozzon ki egy forgatókönyvet, amely **az energiaszektorban (a közlekedést is beleértve) a CO₂-kibocsátás minél hamarabb történő 100%-os csökkentését** célozza – a ZCB ennek megvalósíthatóságát **2030-ra** teszi. Erre az időpontra tehát a kutatócsoport elérhetőnek véli az energiarendszer átállítását megújuló energiaforrásokra, miközben – a hatékonyság

növelésének eredményeképpen – a teljes energiafelhasználás 55%-kal csökken, a villamosenergia-felhasználás mértéke viszont kétszeresére nő.

A mielőbbi irányváltás szükségességét jelzi, hogy az Egyesült Királyság 2005-ben – oly sok év után – ismét nettó energia importőr lett. Ennek oka, hogy az északi-tengeri olaj- és gázkitermelés az 1999. és 2000. évi csúcst követően visszaesett, és azóta – főként a gázkitermelés – radikális csökkenést mutat.

A legfrissebb dokumentumot, **Zero Carbon Britain – Rethinking the Future** címmel 2013 júliusában mutatták be a brit parlamentben (Allen, P. [szerk.] 2013). A jelentés célja elsősorban az, hogy kimozdítsa a jelenlegi holtpontról az energiaszektor átalakításának folyamatát, és ehhez további adalékokkal, munícióval szolgáljon. A hazai energiastratégiák és döntéshozók számára különösen figyelemreméltó a probléma társadalomtudományi kapcsolatainak hangsúlyos megjelenítése a munkában.

Jelen fejezet további részeiben a fenti dokumentumok néhány olyan fontosabb megállapítását foglaljuk össze, amely alapján képet kaphatunk az egész koncepció szellemiségéről, megközelítésmódjáról.

A legújabb foratókönyvek szerzői hangsúlyozzák, hogy az épített környezet az egyik legfontosabb célterületét kell képezze a brit energiapolitikának, ugyanis az Egyesült Királyságban a CO₂-emisszió 45%-a az épületek üzemeltetéséből ered. Céltértékként a **70%-os megtakarítást tartanak elrendőnek 2030-ig a háztartások fűtésienergia-felhasználásában**. A szigetországban jelenleg mintegy 24 millió épület található, és a kalkulációk szerint 2050-ben ezek 87%-a még mindig állni fog. Mivel ezen lakások tervezésénél és építésénél az energetikai szempontok még nem jelentek meg hangsúlyosan, így fogyasztásuk messze meghaladja a jelenleg elfogadható szintet, ezért itt komoly lépésekre van szükség és lehetőség. Azonban a bontással szemben a ZCB szerzői egyértelműen a felújítás mellett érvelnek – azokra a kalkulációkra hivatkozva, amelyek szerint a **meglévő lakások**

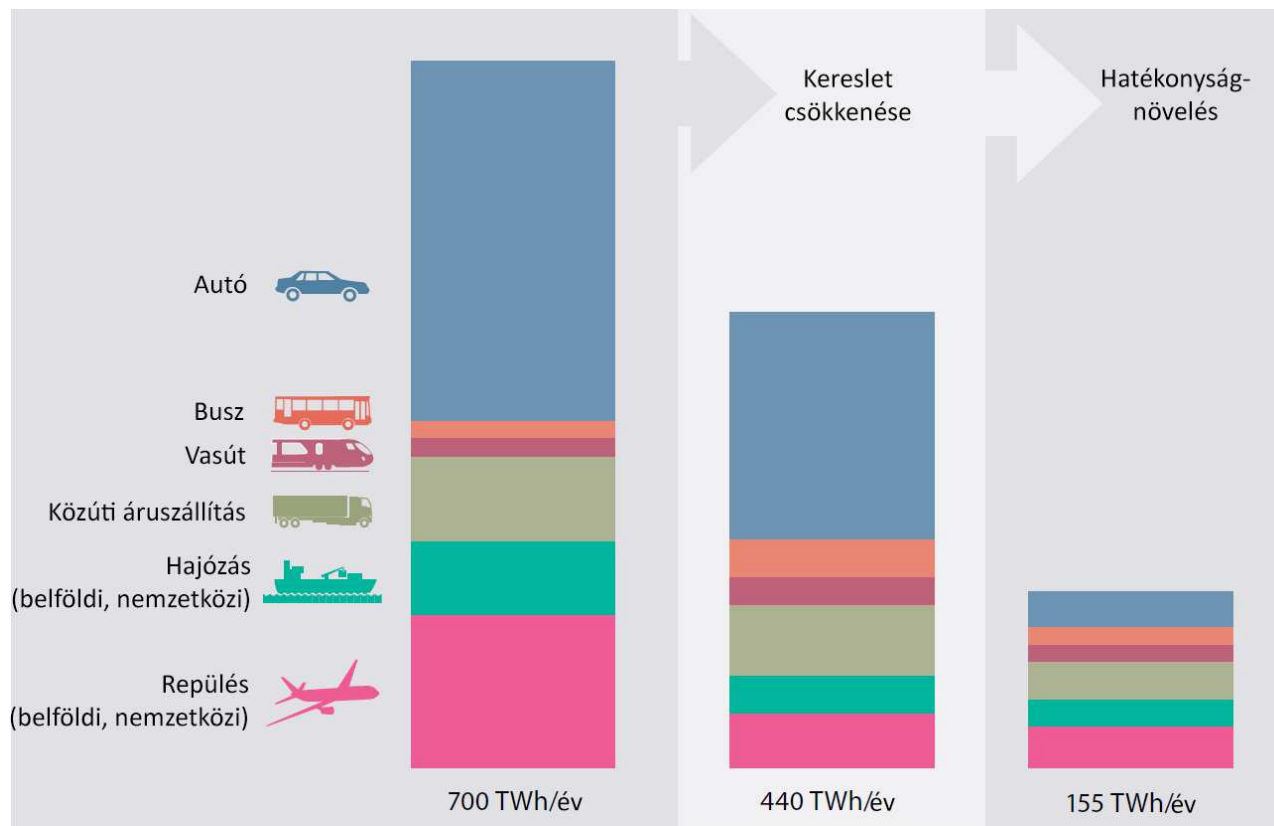
utólagos korszerűsítésével az Egyesült Királyság lényegesen több CO₂-ot tudna megspórolni, mintha teljesen új lakásokat építene. Az is fontos volna, hogy a felhasznált építőanyagok esetében alapvető elvárásként jelenjen meg a gyártásukhoz kapcsolódó alacsony energiaigény. Az is lényeges felvetése ennek a fejezetnek, hogy egy ideálisnak vélt szobahőmérséklet helyett egy ún. **hőkomfort** elérését tartja elérendőnek, ami korszerű tervezés esetén az ideálisnak tekintett értéknél alacsonyabb hőmérséklettel elérhető (Allen, P. 2013).

Az Egyesült Királyságban a **közlekedés** az egyetlen olyan szektor, ahol a CO₂-kibocsátás folyamatosan növekedik a Kiotói Jegyzőkönyv aláírása óta. 2010-ben a közlekedési szektor az energiafelhasználás 39%-át igényelte (Allen, P. 2013). Ezen belül elsősorban a személygépkocsi-állomány szerepe meghatározó, hiszen a szektoron belüli kibocsátásnak 40%-áért felelős. Az autóhasználat esetében igen lényeges megállapítás, hogy az utazásoknak kb. 70%-a 8 km-en belüli távra korlátozódik – vagyis könnyen kiváltható volna más megoldásokkal. A megoldások kapcsán elsősorban az energiahatékonyság fokozásának és a takarékosnak a kombinációjára (súlycsökkentés; alacsony gördülési ellenállású gumibroncsok; aerodinamikai fejlesztések) és az **új üzemanyagok** elterjedésére kellene fókuszálni, de lényeges szerepet szánunk a **közlekedési szokások átalakításának**, így például a közös autóhasználat, a közösségi közlekedés, valamint a gyaloglás és kerékpározás térnyerésének. Lényeges kiemelni, hogy a ZCB által a közlekedési kibocsátások csökkentésére javasolt megoldások jelentős hányada nem is kifejezetten a közlekedési szektorhoz kapcsolódik, hiszen igen fontosnak vélik például az olyan, elsősorban **településfejlesztéssel** kapcsolatos beavatkozásokat, amelyek révén radikálisan csökkenthető maga a közlekedés.

A szerzők szerint a **villamos áram** a közlekedési szektor leginkább meghatározó energiahordozója lehet a jövőben. Ennek oka, hogy az

elektromos járművek alkalmazása (a mintegy négyszeres energiahatékonyság következtében) még a jelenlegi energiamixet figyelembe véve is 50%-os csökkentést eredményez a szén-dioxid-kibocsátásban. A jövőben – amikor majd fokozatosan csökken a fosszilis energiaforrások felhasználása – ez a kibocsátáscsökkentés lényegesen magasabb is lehet. Egy másik fontos érv az, hogy az elektromos autók üzembe állításával megkönnyíthető a megújuló energiaforrások hálózatba integrálása, hiszen az akkumulátorok töltési időpontja – tekintve, hogy a járművek naponta átlagosan 23 órán keresztül állnak – az energiarendszer igényei szerint időzíthető. A ZCB szerzői szerint azonban a **V2G-konceptió** (vehicle-to-grid, amelyben az akkumulátoros autók szükség esetén villamos áramot biztosítanak a hálózatnak) elterjedésére csak korlátozott mértékben számíthatunk, mivel ez a megoldás – a jelenlegi technológiai megoldásokat figyelembe véve – jelentősen rövidítené a várhatóan továbbra is drága akkumulátorok életidejét, ugyanakkor az autósok számára gazdasági értelemben sem volna egyértelműen előnyös.

Ugyanakkor az **energiatárolás** igen lényeges szerepet kap a koncepcióban, hiszen 150 GWh (0,5 PJ) energia **rövid távú** tárolását, és ennél lényegesen több **hosszú távú** energiatárolást terveztek a rendszerbe. Ez utóbbi tekintetében a többlet villamos áram mintegy fele vízbontás révén hidrogéntermelésre fordítódna (455 PJ évente). Emellett energiahiány esetén 100 PJ-nyi biogáz és biomassza alapú szintetikus gáz (metán alapú) állna rendelkezésre (**P2G – power to gas**). A megoldás lényege, hogy a megújuló alapon előállított árammal vízbontás révén nyert hidrogént a Sabatier-reakcióban keletkező metán formájában lehet viszonylag egyszerűen tárolni, illetve felhasználni.

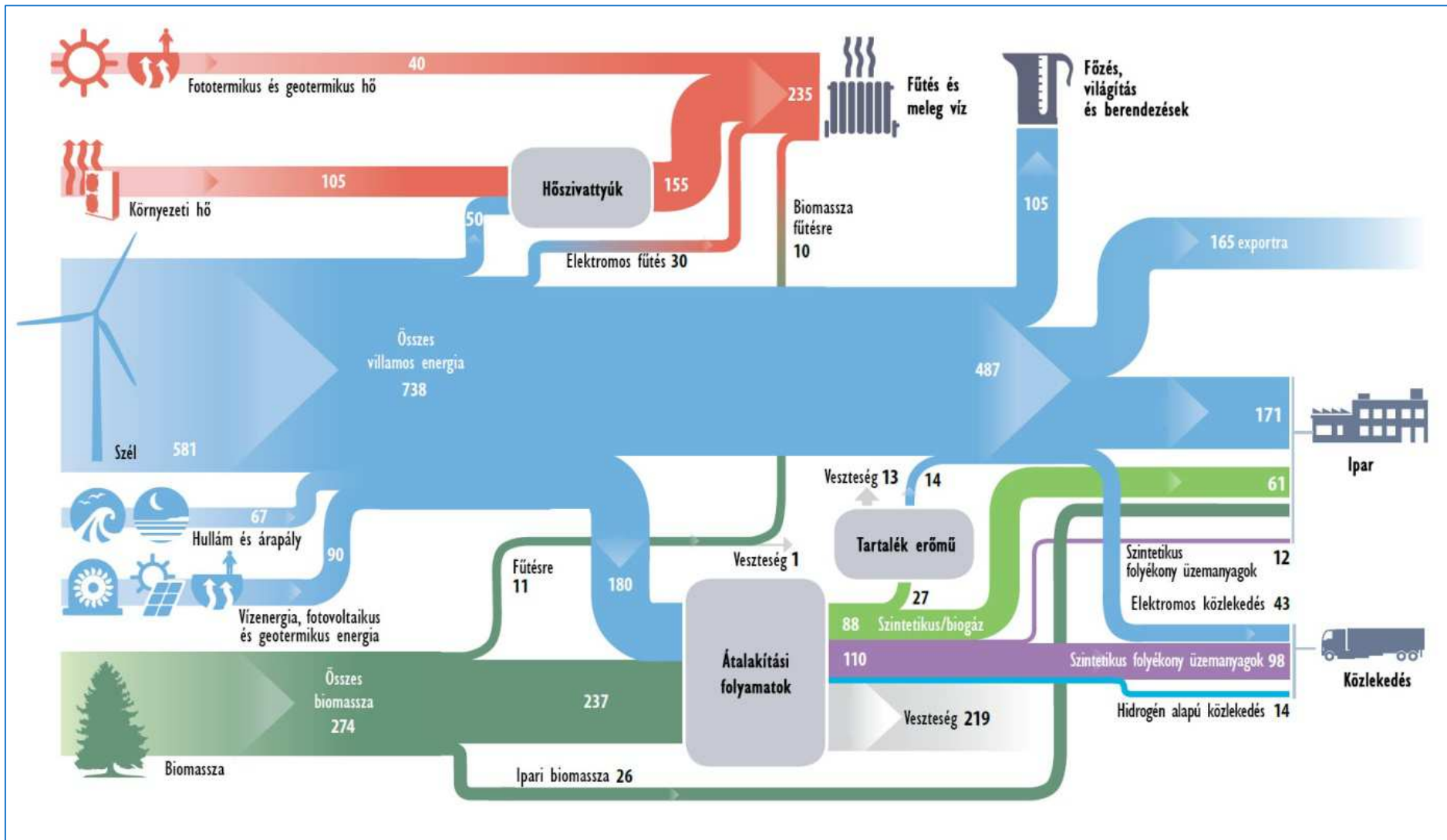


24. ábra: A brit közlekedési szektor energiafogyasztásának csökkentési lehetősége és ennek komponensei (Allen, P. 2013 alapján Kovács K.)

Powerup, avagy az energiatermelés átalakítása

Az energiaigények 55%-os mérséklése ugyan kulcsfontosságú eleme a forgatókönyvnek, de a fennmaradó energiamennyiség még mindig hatalmas mennyiségű, pusztán megújuló energiaforrásokból történő kielégítése komoly kihívás. A ZCB alkotói alapvetően a tenger segítségére számítanak, hiszen a koncepció központi eleme az **tengeri (offshore) szélturbinák**

alkalmazása, amelyek **a teljes energiatermelésnek csaknem 50%-át** biztosítják majd 2030-ban. A koncepcióban a második legfontosabb energiaforrás a biomassa, míg a harmadik a környezeti hő. Megkerülhetetlen szerepet szánunk a villamos energiának, amely az energiaellátás több mint 60%-át teszi majd ki – szemben a jelenlegi 20%-kal.



25. ábra: A brit energiarendszer működése 2030-ban (TWh) (Allen, P. 2013 alapján Kovács K.)

A szén-dioxid leválasztásának és tárolásának (CCS) illetve az atomenergia alkalmazásának megítélése

Két olyan különösen aktuális témakör is megjelenik a dokumentumban, amely megosztja az energiagazdálkodásban érintett szakembereket: az egyik a szén-dioxid leválasztásának és tárolásának problematikája, a másik az atomenergia.

Az előbbi kapcsán látni kell, hogy a Zero Carbon Britain 2030 kutatói elsősorban **nem a CCS-technológiában** (Carbon Capture and Storage) látják a jövőt. Egyik érvük a CCS széleskörű alkalmazása ellen a technológia kezdetleges, kiforratlan mivolta, vagyis az a tény, hogy ennek 10 éven belüli széleskörű alkalmazására csak nagyon kis esély van. A másik indok az, hogy azok a megoldások, amelyekhez a CCS-technológia illeszthető, még mindig jóval nagyobb környezeti terheléssel járnak (bányászat; felszín alatti vízrendszer megzavarása, szennyezése; egyéb légszennyezés), mint a megújuló energiaforrások alkalmazása. Mindezekre hivatkozással a ZCB legújabb változatában a kutatók alapvetően kerülnek a CCS technológia alkalmazását.

Az atomenergia kapcsán ugyancsak sarkos a kutatócsoport véleménye, hiszen **a ZCB 2030 az atomenergiát az Egyesült Királyság jövőbeni energiatermeléséből teljes mértékben kizárja**. Ennek állításuk szerint két fő oka van. Az egyik a radioaktív hulladék gazdaságos és környezetkímélő lerakásának, tárolásának megoldatlansága. A másik ok a balesetek kockázata, melyek felbecsülhetetlen károkat okoznak az élő és élettelen környezeti elemekben (Kemp, M. [szerk.] 2010) – itt lényeges emlékeztetni arra, hogy a ZCB 2010. évi kiadása csaknem egy évvel **a fukushimai atomkatasztrófa bekövetkezése előtt jelent meg**, ám a kutatócsoport már akkor ezt a határozott álláspontot képviselte.

Társadalmi szerepvállalás a szemléletváltásban

A korszerű energiatervezésben felismerik a társadalom szerepét, mint óriási potenciált a klímaváltozás elleni küzdelemben. A különféle társadalmi csoportok motiválásában az egyik kézenfekvő megoldás a szabályozás. A jogi és gazdasági eszközök azonban nem képesek minden tekintetben megváltoztatni az emberek hozzáállását, ezért nagyon fontos feladat az oktatás-képzés fejlesztése, de a különböző marketingtechnikák alkalmazásának is lényeges szerepet szánunk. A 2010. évi tanulmányban egyfelől igen körültekintően igyekeznek feltárni azokat a főként pszichés tényezőket, amelyek jelenleg akadályozzák az egyéneket a szükséges változások megtételében, másfelől meghatározzák a kitörés és továbblépés lehetőségeit is. Ez utóbbi vonatkozásában négy lényeges pontot definiálnak:

a) „képesé tétel” mind a szükséges ismeretek, mind pedig a szükséges eszközök elérhetősége terén; b) a szabályozók irányából érkező „támogatás”, amely segíti a szükséges viselkedésminták terjedését; c) egyfajta elkötelezettség kialakítása, amely folyamatban kulcsszerepet kap a célzott kommunikáció; d) példamutatás az államapparátus és a helyi döntéshozók részéről.

Politikai és gazdasági keretek

A ZCB szerzői szerint a klímaváltozás elleni küzdelemben szükséges egy új politikai és gazdasági keretrendszer kidolgozása és alkalmazása. Rövid- és középtávon a regionális és nemzeti stratégiák kidolgozása és következetes végrehajtása hozhat eredményt. Nagy lehetőségek vannak például a szén-dioxid-kibocsátás valós költségeinek a fogyasztói árakban történő megjelenítésének. A politikai tényezőt a szerzők sokadlagosnak tekintik – úgy vélekednek ugyanis, hogy ez a körülmények függvényében igen gyorsan változhat. A fukushimai atomerőmű-katasztrófa kapcsán bekövetkező irányváltás pedig határozottan igazolni látszik ezt a feltételezést – noha a

baleset éppen az Egyesült Királyságban nem hozott politikai szemléletváltást. Ugyanakkor a szerzők szerint az olajhozam-csúcs és a növekvő igények konfliktusa következtében törvényszerűen bekövetkező drasztikus olajár-emelkedés **előidézheti azt a sokkot**, amely a most még elképzelhetetlen változások végrehajtásához szükséges.



26. ábra: A 2013-as jelentés egy látványos akció keretében került a nyilvánosság elé (fotó: <http://blog.cat.org.uk>)

Felhasznált irodalom

Allen, P. [szerk.] (2013): Zero Carbon Britain – Rethinking the Future. Centre for Alternative Technology. 214 p.

ALTER/Le Groupe de Bellevue (1978): A study of a long-term energy future for France based on 100% renewable energies. Reprinted in The Yearbook of Renewable Energies 1995/96 (1995). London: James and James

Eddington, R. (2006): The Eddington Transport Study – The case for action. 64 p.

Foxon, F. [szerk.] (2007): Zero Carbon Britain – an alternative energy strategy. Centre for Alternative Technology. 108 p.

Guthrie, N. (2001) “The New Generation of Private Vehicles in the UK: Should their use be encouraged and can they attract drivers of conventional cars?”, MSc thesis, University of Leeds.

Kemp, M. [szerk.] (2010): Zero Carbon Britain 2030 – a new energy strategy. Centre for Alternative Technology. 384 p.

Kimmel, M. (2011): From Wind and Sun to Gas: Fraunhofer’s “Renewable Methane” Energy Storage Technology. <http://blogs.worldwatch.org/revolt/is-%E2%80%9Crenewable-methane%E2%80%9D-energy-storage-an-efficient-enough-option/KSH> (2010): Környezeti helyzetkép 2008. Internetes kiadvány, 117 p.

MacKay, D. (2009): Sustainable Energy — without the hot air. UIT, Cambridge, 383 p.

Todd, R. W. – Alty, C. J. [szerk.] (1977): An Alternative Energy Strategy for the United Kingdom. Centre for Alternative Technology. 43 p.

4.2 Paradigmaváltás a német energiapolitikában

Kovács Krisztina

Európában egyre több ország ér el kiemelkedő eredményeket a megújuló energiák hasznosításában és egyre több olyan nemzeti energiastratégiát dolgoznak ki Európa-szerte, amelyek segítségével szakítanak a fosszilis erőforrások felhasználásával. Közülük az egyik legmeghatározóbb Németország. Egész Európa, és talán nem túlzás azt állítani, hogy az egész világ elé olyan mintát állít az energiapolitikájával, amellyel mindenki számára elérhetővé válhat egy fenntartható, megújuló energiákra alapozott gazdaság. Németország egyik legfőbb vállalása, hogy 2050-re elérjék a 80%-os megújuló részarányt a villamosenergia-termelésben.

De mit is jelent a német paradigmaváltás, avagy ahogy a németek nevezik, az *energiafordulat*? A témával foglalkozó tanulmányokban és kutatásokban nem kisebb kifejezéseket használnak az energiafordulat szinonimájaként, mint „Németország nagy esélye”, „a nemzet feladata” vagy „Németország legújabb újraegyesülése” (Kwiatkowska-Drożdż, A. – Mazur, K. 2012). Sokan tévesen úgy gondolják, hogy a német energiaátállás, illetve az atomenergiával való szakítás új keletű dolog, és csak a 2011-es fukushimai katasztrófát követően indultak meg a határozott lépések. Az igazság valójában az, hogy Németországban már 1977-ben anti-atomenergia mozgalom szerveződött a kalkari atomerőmű ellen (Meegen, G. 2010). Már akkor 40 000 ember vonult az utcákra és tiltakoztak az erőmű építése ellen. Ennek ellenére az erőmű 1985-re mégis elkészült, de soha nem kötötték hálózatra, mert az akkori vezetés – engedve a nyomásnak – nem adott rá működési engedélyt. 1980-ban az Öko-Institut publikálta első tanulmányát az energiaátállás témakörében, melynek címe *„Energiaátállás – növekedés és jólét kőolaj és urán nélkül”*, majd 2 év múlva, 1982-ben kiadta következő

tanulmányát, amely a *„Németország energiaellátása atomenergia és kőolaj nélkül”* címet viseli (Krause, F. 1982). A dokumentumban már szerepelnek szcenáriók és ajánlások a jövőre nézve.

Láthatjuk, hogy az atomenergiától való elszakadás gyökerei az 1970-es évekből eredeztethetők, ám a megújulókból származó villamosenergia-termelésről Németországban 1990-től érdemes beszélni. Ugyanis az 1991-ben életbe léptetett *villamosenergia-betáplálási törvénnyel* határozták meg először szisztematikusan a megújulókat támogatását, ez biztosítja a zöldenergia kötelező felvásárlását mind a mai napig (AEE 2012).

A törvény bevezetése óta szinte kivétel nélkül növekszik a megújuló részaránya mind a villamosenergia-termelésben, mint a beépített kapacitás terén (27. ábra), ugyanis a kormányzat egyik legfőbb céljának tekintette a megújulókból származó villamosenergia-termelés ösztönzését, és törvénybe foglalta a megújulókat által előállított elektromos áram kötelező átvételét. Ám a növekedésnek másik oka is van, mégpedig a *megújuló energia törvény* (EEG), amely a 2000-es bevezetése óta többször is módosult, ám minden változtatás után nagyobb és nagyobb lökést adott a zöldenergiának. Ez a törvény vezetett a fix átvételi árakhoz minden megújuló energiatípus esetén, azaz más és más díjakat állapítottak meg a különböző technológiákon belül is, az átvételi ár szempontjából már számított a különféle rendszerek mérete és erőforrásintenzitása is (Buchan, D. 2012). Valójában ekkor döntöttek először az **atomkivonásról**, és **2020-ig fokozatos leépítést** írtak elő. 2002-ben született meg az **atomenergia törvény**, amely világosan igazolja, hogy nem a fukushimai atomkatasztrófa váltotta ki a hirtelen atomerőmű-bezárásokat. Ebben a törvényben megtiltják a kereskedelmi célokra történő új atomerőművek építését, illetve a már meglévő atomerőművek átlagos működési idejét az üzembe helyezéstől számítva átlagosan 32 évben állapítják meg.

Energiakoncepció és energiaátállás

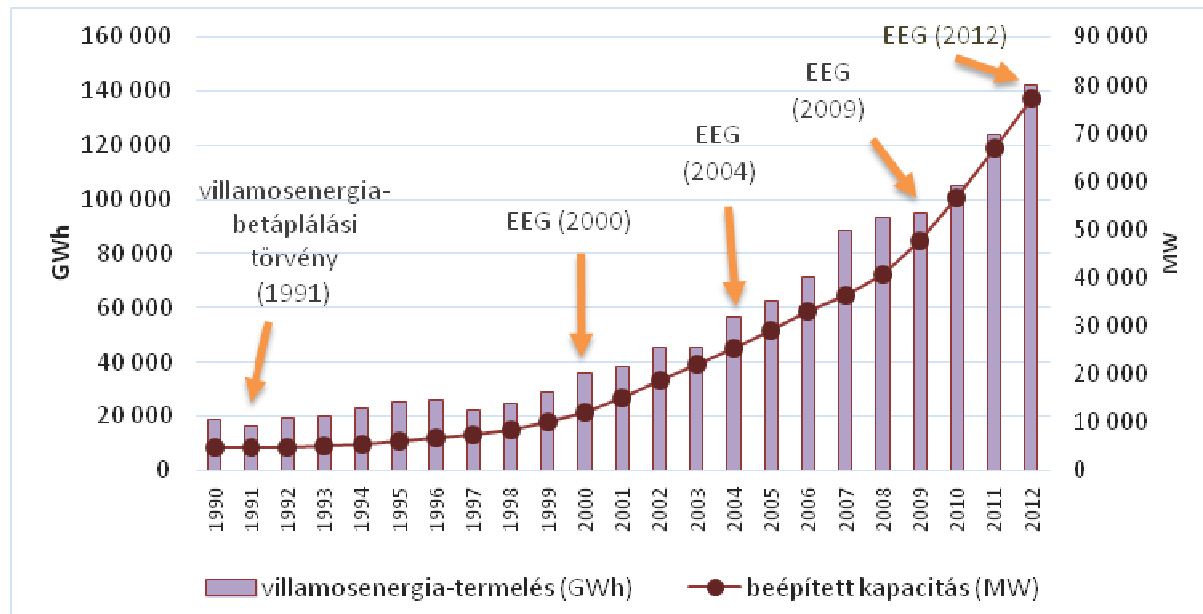
Az átállás csak akkor lehet igazán sikeres, ha szilárd gazdasági alapokra támaszkodik. Megvalósításához Németország egy *energiakoncepciót*, *energiacsomagot* és egy *átfogó stratégiát* is kidolgozott, amelyekben meghatározták a végrehajtandó célokat és feladatokat (BMW 2012). A szerkezetátalakítás céljait és az intézkedéseket az átfogó stratégiában a következőképpen fogalmazták meg (BMW 2012):

Modell: Az energiapolitika az alapja a növekedésnek és a jólétnek: az energiaellátás kiépítése nem automatikus; a fogyasztóknak és

vállalkozásoknak is támogatnia kell az országot ezen az úton. Ugyanakkor Németországnak továbbra is versenyképes ipari bázisországnak kell maradnia. Ahhoz, hogy ez így legyen, az átalakításhoz egy stabil gazdasági alapot kell felállítani.

Célok: a cél egy biztonságos és megfizethető energiaellátás, továbbá csökkenteni az üvegházgázok kibocsátását, illetve növelni a megújuló energiaforrások részarányát és az energiahatékonyságot.

Programok és intézkedések: A 2011 nyarán bejelentett energiacsomag volt az



27. ábra: A megújulókból származó villamosenergia-termelés és a beépített kapacitás változása Németországban 1990-2012 között (szerk.: AGEE-Stat 2013 alapján Kovács K.)

első fontos lépés a szerkezetátalakításhoz (a csomag 6 törvényt és egy szabályozást tartalmaz). A koncepcióban több mint 120 egyedi intézkedés található, amelyeket lépésről lépésre hajtanak végre.

Pénzügyi támogatás: A szükséges beruházások és az ehhez kapcsolódó új vállalkozások szorosan kapcsolódnak a fogyasztók és az adófizetők költségeihez. A finanszírozásba és támogatásba beletartozik többek között az EEG-felár, a hálózati díjak, illetve az energia- és éghajlatlapok (energiahatékonysági alap, épületfelújítási programok, stb.)

Végrehajtás: az előírások végrehajtását éves monitoringgal ellenőrzik és vizsgálják felül. Egy független szakértői bizottság is részt vesz benne, ezen kívül szoros párbeszédet folytatnak az érdekelt felekkel (hálózat, erőművek).

A kormány az energiakoncepcióval gondoskodik többek között az energiaellátás biztonságáról, az energiaárak megfizethetőségéről és az éghajlatváltozással kapcsolatos célkitűzések betartásáról. A korábban említett pontokon kívül a koncepció magába foglalja az alábbiakat is (BMW 2012):

- üvegházgázok kibocsátásának csökkentése 2020-ig 40%-kal, 2050-re pedig 80%-kal;
- a megújuló energiaforrások részarányát a bruttó energiafelhasználásban a 2010-es 10%-os értékről 2050-re 60%-ra kell növelni, illetve a villamosenergia-előállításban 2050-re 80%-os részarányt kell elérni;
- hosszútávon mérsékelni kell az energiafogyasztást: 2050-re az energiafogyasztásnak a 2008-as érték felére kell csökkennie;
- a villamosenergia-fogyasztást 2050-re 25%-kal kell csökkenteni a 2008-as értékhez képest, 2020-ban már el kell érni a 10%-os csökkenést. A végső energiafelhasználást a közlekedési szektorban 2050-re mintegy 40%-kal kell mérsékelni;

- az éves épületfelújítások arányának meg kell duplázódnia (a jelenlegi 0,8%-ról 2%-ra).

Hiába tart már évek óta a célok megvalósítása, Németország jelenleg is egy igen hosszú folyamat elején áll. A feladat hatalmas, és sok időt vesz igénybe a végrehajtása - az egész energetikai rendszert új alapokra kell helyezni. Nem véletlenül olvashatóak a szakirodalomban és sajtóban az alábbi szalagcímek, amelyek hűen tükrözik a feladat súlyát: "Holdra szállás Európa közepén", "az energiaátállítás, mint történelmi jelentőségű feladat" vagy "Németország Európa óriási kísérleti laborja". Az energiaátállítás célja egy versenyképes energiapiac kialakítása, amely környezetbarát technológiákon alapszik és magas szintű jólétet és biztonságot nyújt anélkül, hogy a környezetet károsítaná, kihasználná vagy terhelné. A folyamat végére Németország egy fenntarthatóan működtethető mintaországgá válhat.

A 2010-ben kiadott **energiakoncepció 9 fő pontot** tartalmaz, melyek a következők (BMW – BMU 2010):

- A) Megújuló erőforrások, mint a jövő energiaellátásának sarokkövei;
- B) Energiahatékonyság, a legfontosabb tényező;
- C) Atomenergia és fosszilis tüzelésű erőművek;
- D) Hatékony hálózati infrastruktúra és a megújuló hálózatba integrálása;
- E) Energetikai épületfejlesztések és új, energiahatékony épületek;
- F) Mobilitási kihívások;
- G) Innováció és új technológiák fejlesztése;
- H) Energiaellátás európai és nemzetközi viszonylatban;
- I) Átláthatóság és elfogadottság.

A német kormány energiakoncepciójában világossá teszi, hogy a **jövő energiaellátását a megújuló erőforrásoknak** kell biztosítaniuk, és kiemelt céljuk, hogy bővítsék azok felhasználását és segítsék az elterjedésüket, miközben egyúttal költségcsökkentést is végrehajtanak az innováció segítségével. Mint azt korábban láthattuk, kiemelt szerepet szánnak a szélenergiának, azon belül is az offshore, vagyis a tengeri szélenergia-gazdálkodásnak. A koncepció szerint egyre sürgetőbb volna felgyorsítani és kiterjeszteni a tengeri szélturbinák kiépítését, és megközelítőleg 75 milliárd eurót kell majd befektetni a jövőben, hogy Németországban növelni tudják a kapacitást 2030-ig a korábban is említett 25 GW-ra. A dokumentum külön kitér a természetközeli módon való bővítésre, továbbá az egyik legfontosabb lépésnek a repowering-et tekintik, ami a már meglévő, elavult géppark korszerűbbre, hatékonyabbra cserélését jelenti.

Hálózatbővítés

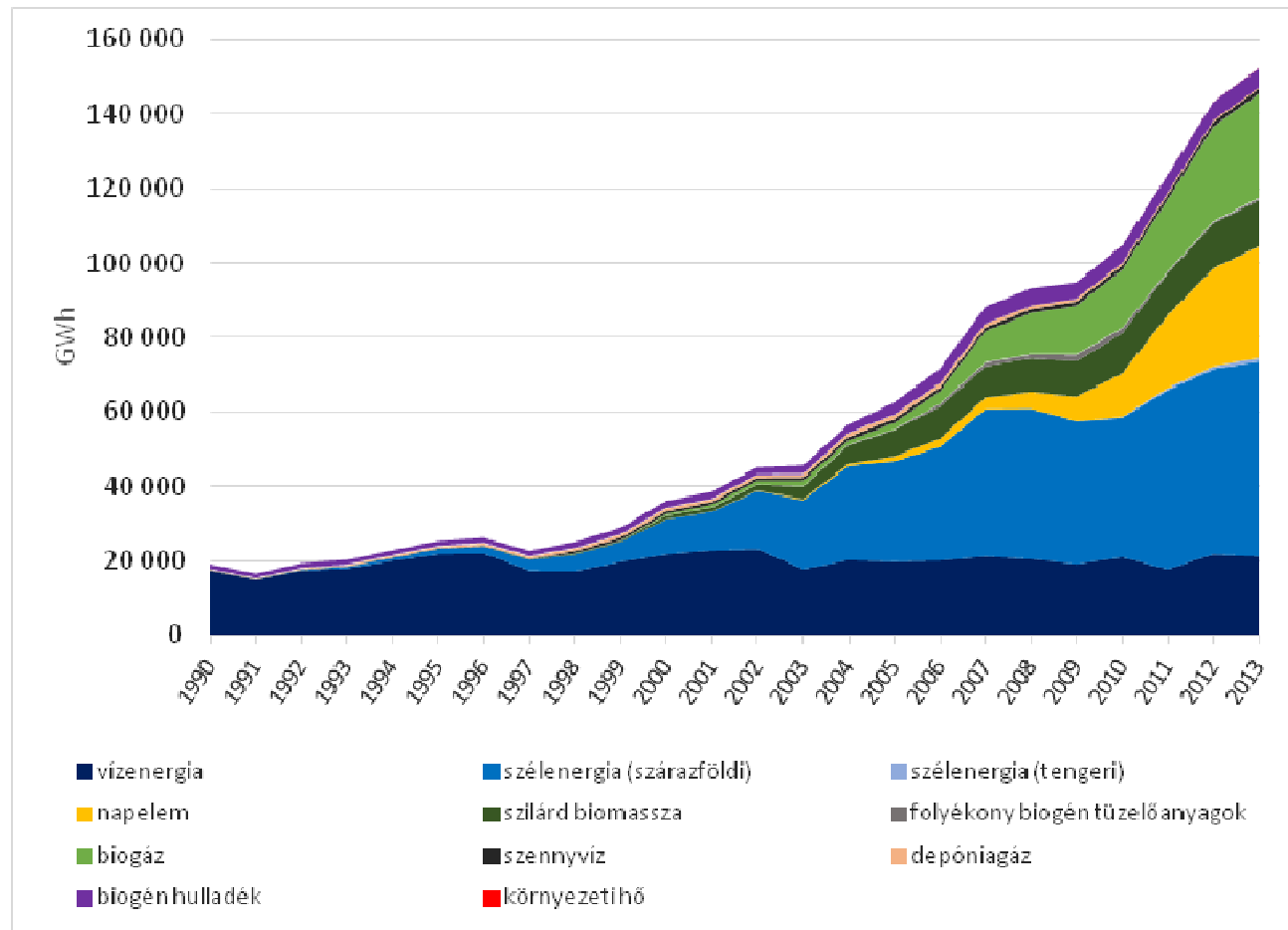
A legjelentősebb feladatok egyike a hálózati infrastruktúra átalakítása a leghatékonyabb módon, illetve a megújuló hálózatba integrálása. **Új hálózatokra és intelligens terhelésszabályozásra** van szükség, hogy megbízható ellátást tudjanak nyújtani a felhasználóknak és elkerüljék az alul- és túlterhelést, ami áramszünetekhez és áramkimaradásokhoz vezethet. A koncepció becslései szerint a jövőben a termelés a tengeri és partmenti régiókban nagymértékben növekedni fog, emellett számos **decentralizált erőmű** – napelemek és biomassza – fog hozzájárulni a villamosenergia-ellátáshoz. A legsürgetőbb azonban az **észak-déli hálózatok** kiépítése, amelyek majd az északi szélfarmokon megtermelt villamos energiát a déli ipari – ezáltal fő fogyasztó – és nyugati országrészekbe szállítják, a lehető legkevesebb veszteség mellett (BMW-i – BMU 2010). Szélcsend esetén pedig a Dél-Németországban napelemek által termelt energiát az északi országrészbe lehet juttatni. Jelenleg a német villamosenergia-hálózat

kb. 1,8 millió km hosszú és a 80%-a felszín alatt fut. Ebből 80 000 km nagyfeszültségű, 500 000 km középfeszültségű és 1 100 000 km kisméretű vezeték, és csupán 35 000 km hosszú az úgynevezett ultra nagyfeszültségű hálózat (UHV), amellyel Németország a szomszédos országokhoz csatlakozik, illetve ezen a vezetéken szállítódik a legnagyobb távolságokra az áram, akár az ország egyik végéből a másikba (Lang, M. 2013). A Német Energiaügynökség számításai szerint a megfelelő ellátás biztosítása érdekében körülbelül 4 500 km új UHV-hálózat kiépítésére volna szükség, hogy növelni tudják a szélturbinák (onshore és offshore egyaránt) kapacitását, és a szeles időjárásakor keletkező többletenergiát a déli országrészbe tudják szállítani fennakadások nélkül (Morris, C. – Pehnt, M. 2012). Más számítások szerint elég lenne ennek a fele is, ám a szakemberek abban mindenképpen egyetértenek, hogy a hálózatok korszerűsítése, hatékonyabbá tétele nélkül megrekedhet a megújuló részarányának bővítése. Felmerült a gondolat, hogy a német vasút már meglévő 7 700 km hosszú felsővezetékait használják fel, így továbbítva a villamos energiát az ország különböző pontjaira, de az ötlet megvalósíthatósága egyelőre kétséges. Probléma ugyanis, hogy a vasúti hálózat és a német átviteli hálózat különböző frekvencián működik (Uken, M. 2012). A németek ugyanakkor nem csak nagy, központi hálózatokban gondolkodnak, hanem nagy hangsúlyt fektetnek a decentralizációra, ami egyre inkább erősödik, mert már **számos kistermelő** működik az országban, akik a megtermelt villamos energiát a hálózatba táplálják. Ezzel pedig nagy kihívást jelentenek a rendszerstabilitás szempontjából, így még inkább szükségessé válik a hálózatok fejlesztése, stabilabbá tétele (BMW-i - BMU 2012a). A német kormány összeállított egy listát a sürgősen kiépítendő hálózatokról, amely 1 900 km-t foglal magában, ám ebből 2012-ig még csak 200 km valósult meg. Ennek oka egyrészt a helyi ellenzék, ugyanis az emberek érthető módon nem szeretnék felsővezetékek közelében élni, ám a földalatti vezetékek jóval drágábbak, illetve nehézséget okoz még a bonyolult bürokrácia és a különféle finanszírozási gondok (Morris, C. – Pehnt, M. 2012).

Megújulók a német villamosenergia-termelésben

Primerenergia-felhasználás tekintetében a németek még nagymértékben támaszkodnak a fosszilis erőforrásokra is. 2013-ban a kőolaj 33%-ot, a földgáz 22,5%-ot, a fekete- és barnakőszén együttesen 24,3%-ot tett ki, míg a

megújulók 11,8%-ot. Figyelemre méltó azonban az atomenergia részarányának csökkenése, jelenleg 7,6%-kal járul hozzá a primerenergia-felhasználáshoz, 2010-ben az érték még 10,9% volt (AGEB 2013).



28. ábra: A megújulókból származó villamosenergia-termelés változása Németországban 1990-2013 között. (szerk.: AGE-STAT 2014 alapján Kovács K.)

2013-ban a **megújulók részaránya a villamosenergia-termelésben 25,4%** volt, vagyis az igények negyedét már fenntartható módon látják el. Vannak olyan országok, amelyek ennél jóval magasabb részarányokat értek el, ám nem szabad elfelejtkeznünk arról, hogy a németek milyen körülmények közül indultak el – elég csak a kettéosztott országra vagy a világháború utáni szétbombázott, lerombolt állapotokra gondolni. Ezt figyelembe véve tehát az ország hatalmas fejlődésen megy keresztül, csaknem 25 éve folyamatosan növekszik a megújulók részaránya, egyre kiugróbb mértékben. **2013-ban már összesen 152 560 GWh**-nyi villamos energiát termeltek a megújuló erőforrások segítségével (AGEE-Stat 2014). Hogy jobban megértsük, hogy mit is jelent ez a hatalmas szám, hasonlítsuk össze a paksi atomerőművel. A magyar atomerőmű 2011-ben 15 685 GWh-nyi energiát állított elő, amikor a villamosenergia-termelésünk 43,25%-át szolgáltatta (Demeter K. 2012). Jól látható tehát, hogy a németországi megújulókból származó villamos energia mennyisége **kilencszerese** a paksi atomerőmű által termelt villamos energiának, ami nem csak a kirobbanó mértékű technikai fejlődésnek, hanem a kivételesen kedvező politikai keretfeltételeknek is köszönhető.

Az alábbiakban vizsgáljuk meg a három legdinamikusabban fejlődő megújulót: a szélenergiát, a biomasszát és a napenergiát.

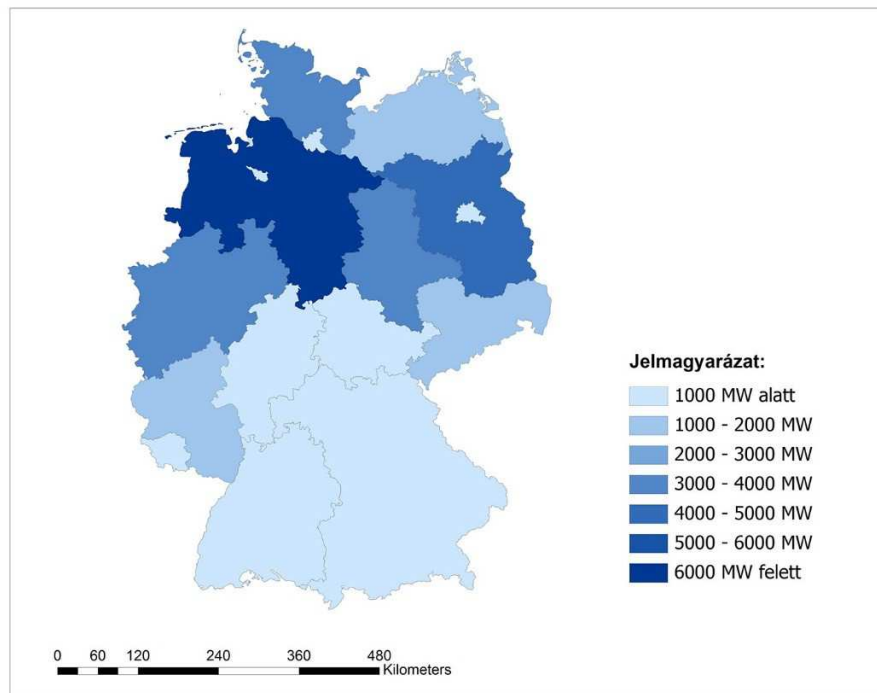
Szélenergia

A legnagyobb mértékű beépített kapacitás-növekedés a szélenergiának tulajdonítható, és jelenleg a **megújuló villamosenergia-termelésben** is a szélenergia a legmeghatározóbb a maga **35%-ával** – a teljes villamosenergia-termeléshez 7,9%-kal járul hozzá. 1990 óta folyamatosan növekszik a beépített kapacitás, 2013-ban már 34 660 MW-nyi (azaz 17 paksi atomerőműnyi) szélturbina forgott Németországban a szárazföldön és a tengeren egyaránt, ami 41,1%-a a teljes megújuló beépített kapacitásnak (AGEE-Stat 2014). Az újonnan üzembe helyezett szélturbinák

összteljesítménye 2013-ban 2 998,41 MW volt. Összehasonlításképpen, Magyarországon jelenleg összesen nincs annyi beépített szélenergiakapacitás, mint amennyit Németország egy-egy szerencsésebb, e téren vezető tartományában egy év alatt üzembe helyeznek – holott Magyarország remek, ám egyelőre kihasználatlan potenciálokkal rendelkezik (Munkácsy B. 2011). Németországban a szélturbinák csupán szerény százaléka offshore-erőmű, ~900 MW-nyi összkapacitásuk azonban rohamos növekedés előtt áll (Ender, C. 2014). Ezt igazolja, hogy 2013-ban egyetlen év alatt megháromszorozódott a beépített kapacitás, ezzel is jelezve a tengeri szélenergiában rejlő kiemelkedően nagy potenciálokat (AGEE-Stat 2014). A Balti-tenger és Északi-tenger által nyújtott összes lehetséges területet felhasználva és kihasználva egy tanulmány szerint 2030-ig további 20 000-25 000 MW teljesítményű offshore szélturbinát lehetne üzembe helyezni (Kuhbier, J. 2007).

Egy másik, 2011-es tanulmányban térinformatikai eszközök segítségével felmérték azokat a lehetséges német területeket, amelyekre szárazföldi szélturbinát lehetne telepíteni bármilyen korlátozás nélkül. Ebből kiderült, hogy az ország csupán 7,9%-a felel meg az összes kritériumnak, vagyis ezek azok a helyek, ahol nincsenek védett területek, települések vagy erdők (Bofinger, S. et al. 2011). Az ország 4,4%-án vannak olyan erdőterületek, amelyek nem állnak védelem alatt és szélturbina telepítésére is alkalmasak volnának, illetve 10,1%-án vannak hasznosítható, ámde védett területek, így összesen akár az **ország területének 22,4%-a válhatna beépíthetővé** (Bofinger, S. et al. 2011). A tanulmányból olyan további érdekes adatok is kiderülnek, mint hogy a legnagyobb alkalmas területtel (17 700 km²) — már csak méreténél fogva is — Bajorország rendelkezik, továbbá ha csupán csak a tanulmány szerint hasznosítható területek 2%-át használnák ki, már abban az esetben is 189 GW szélturbinát lehetne működésbe hozni (Bofinger, S. et al. 2011). Összehasonlításképpen, 2012-ben összesen 31,3 GW volt a beépített kapacitás, a potenciálisan elérhető érték ennél több mint 6× nagyobb volna!

Országon belül a szélturbinák megoszlása egy egészen markáns határvonalat jelöl az északi és déli országrész között, ám egyben el is oszlatja a tévhitet, miszerint szélturbinákat csak a partvidékekre, tenger közelébe érdemes telepíteni, ugyanis egészen az ország belsejében, a tengertől távol is találunk szélturbinákat. Ám a németek közel sem csak az új területekre helyezett szélturbinákban látnak lehetőségeket, hanem a már említett **repowering**-ben



29. ábra: A szélturbinák beépített kapacitásának megoszlása tartományonként 2012-ben (Wallasch, A. et al. 2013 alapján szerk. Kovács K.)

is. Ezzel a módszerrel nincs szükség új területek lefoglalására, ami egyrészt területhasználati szempontból igencsak fontos tényező, másrészt a turbinák átlagteljesítménye is a duplájára növelhető (Grotz, C. et al. 2009). Míg 2008-ban az átlagteljesítmény 20 000 db szélturbina mellett 1,2 MW volt, addig a tervek szerint 2020-ra 2,5 MW-ra nő majd, miközben a turbinák száma ezzel szemben 19 000-re csökken (Grotz, C. et al. 2009).

Biomassza

Igen jelentős a német megújuló villamosenergia-termelésben a biomassza részaránya (**31,4%**), és a jövőben is kiemelkedő szerepet szának neki. Nagy előnye a nap- és szélenergiával szemben, hogy a biomasszából történő áramtermelés kevésbé függ az időjárási viszonyoktól, továbbá könnyen tárolható az alacsony kereslet idején, így később fel lehet használni, ha igény van rá (Faulstich, M. et al. 2010). Épp ezért rendkívül alkalmas arra, hogy a nap- és szélenergia időszakosságát ellensúlyozza és egyensúlyban tartsa a termelést.

A biomasszán belül a németek legfőképpen a **biogáz-termelést** preferálják. Csakúgy, mint szinte az összes megújuló erőforrás esetében, úgy ebben is az első helyen állnak az Európai Unióban. 2012-ben a **biogázból** történő bruttó villamosenergia-termelésben Németország a lista élén végzett **24 800 GWh**-val, ami **a teljes EU-s termelés több mint fele** (EUROBSERV'ER 2012). 2012-ben körülbelül 8 700 darab biogáz üzem működött Németországban 3 450 MW beépített kapacitással. Ezek a két legnagyobb kapacitású német atomerőmű áramtermelésének kiváltására képesek, ráadásul sokkal inkább szabályozható módon – még akkor is, ha a gyakorlatban ezt a lehetőséget nem használják ki. A biogáz-erőművek jelentős mennyiségű, lokálisan jól hasznosítható hőenergiát is termelnek, így lényegesen hatékonyabb energiatermelést tesznek lehetővé és remekül példázják a megújulók fontosságát a konvencionális erőművek helyettesítésében. A biogáz ráadásul

rendkívül alkalmas a decentralizáció előremozdítására, mivel egy ilyen kis- és közepes méretű üzem hatékonyan működtethető helyben a mezőgazdasági területekre, illetve számos más helyben keletkező forrásra alapozva, ezzel is csökkentve a szállítási költségeket és segítve a nagy termelőktől való függetlenedést. Egy 500 kW beépített kapacitású biogáz üzem évente mintegy 4 millió kWh villamos energiát és 4,4 millió kWh hőenergiát képes termelni körülbelül 2 millió m³ biogázból. Ez a mennyiség 440 000 liter üzemanyaggal egyenértékű. Tehát egy biogáz üzem annyi villamos energiát képes előállítani évente, ami több mint 1000 darab 4 fős háztartás fogyasztását fedezi, illetve ugyanez az üzem kapcsoltan (CHP) 150 háztartás éves hőigényét is fedezheti (Solarpraxis AG 2013).

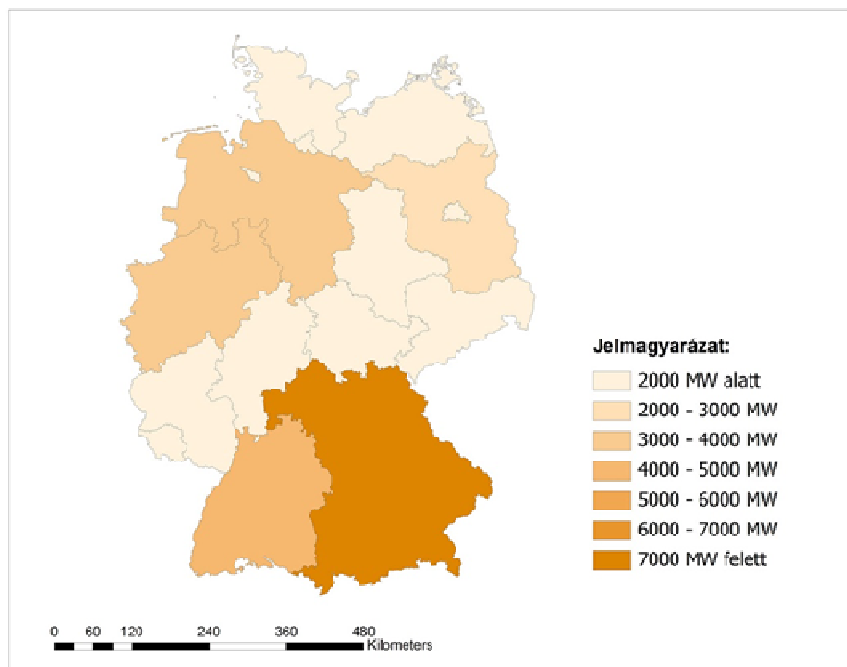
A német kormány megkülönbözteti a különféle nyersanyagok biogáz-üzemekben való felhasználását, és kedvezményekkel, bónuszokkal segíti a megújuló nyersanyagok használatát, amitől megélnékült a biogáz üzemek kiépítése. Ez világosan mutatja, hogy a biogáz-termelés elterjedése sokkal inkább függ a kedvező jogi háttértől és feltételektől, mintsem a rendelkezésre álló technológiáktól – ugyanis azok már rendelkezésre állnak, és ez szinte az összes megújuló technológiára érvényes megállapítás.

Németországban a lakosság egyre inkább kezdi felfedezni, hogy milyen óriási előnyei vannak egy biogáz üzemnek. Nemcsak a közösségformáló erejét tapasztalják meg, hanem a saját bőrükön – és pénztárcájukon is – érzik, hogy mit jelent áttérni a megújuló erőforrásokra. A helyben feldolgozott biomassza segítségével ugyanis villamos energiát és hőenergiát állítanak elő, ami apránként mind a gázszámlákat, mind az üzemanyag-költségeket csökkenti a közösség tagjai számára. Jelenleg a német Megújuló Energia Ügynökség (FNR) adatai szerint több mint **130 bioenergia-falu** van az országban (Solarpraxis AG 2013). Országon belül a két legnagyobb termelő, és egyben a legnagyobb beépített kapacitással rendelkező tartomány Alsó-Szászország és a már említett Bajorország.

Napenergia

A másik legfontosabb megújuló erőforrás Németországban a napenergia – annak ellenére is, hogy az egy évre jutó napsütéses órák számában jócskán lemaradnak hazánktól. A megújulókból származó villamosenergia-termelésben a harmadik helyen állnak **a teljes áramtermelésben 19,7%-kal**. Míg 1990-ben összesen 2 MW beépített kapacitással rendelkeztek, és még 2009-ben is „csak” 10 556 MW-nyi napelemet működtettek, addig 2013-re összesen **35 948 MW**-ra (~36 GW) nőtt az érték, azaz 3 év alatt megháromszorozták a beépített napelem-kapacitásokat! Ezzel pedig a megújulós beépített kapacitást tekintve a napelemek állnak az első helyen Németországban. Az óriási mértékeknek köszönhetően a napsütéses órákban a németek már képesek az ország teljes energiafogyasztásának 30-40%-át napelemek segítségével fedezni (Fraunhofer ISE 2013). Évről évre újabb rekordok dőlnek meg, míg 2013. július 7-én összesen 23,9 GW-nyi csúcsteljesítményt értek el a napelemek segítségével, addig 2014. június 9-én már 24,4 GW-ot, ezzel újabb csúcst döntve a korántsem optimális természeti adottságok ellenére, ráadásul ezen a napon az **ország villamosenergia-fogyasztásának 50%-át is napelemek fedezték** (Loubriel, A. 2014)!

A napelemek tehát már igen jelentős mértékben kiveszik részüket a német áramellátásból, ezzel az energiaátálláshoz is hozzájárulva. Jelenleg még magasabb költségekkel jár, mint a hagyományos erőművek által termelt áram (az externáliák figyelembe vétele nélkül), de mint az átállás egyik fő pillére, a kormány kiemelt módon támogatja a napelemes villamosenergia-termelést annak ellenére is, hogy az átvételi árak az utóbbi években csökkenő tendenciát mutatnak. A jelenlegi, 2014-es értékek 10 kW-nál kisebb rendszer esetén 12,88 cent/kWh, 40 kW alatt 12,22 cent/kWh, illetve 1 MW alatt 10,9 cent/kWh.



30. ábra: A napelemek beépített kapacitásának megoszlása tartományonként 2012-ben (szerk.: AEE 2013 alapján Kovács K.)

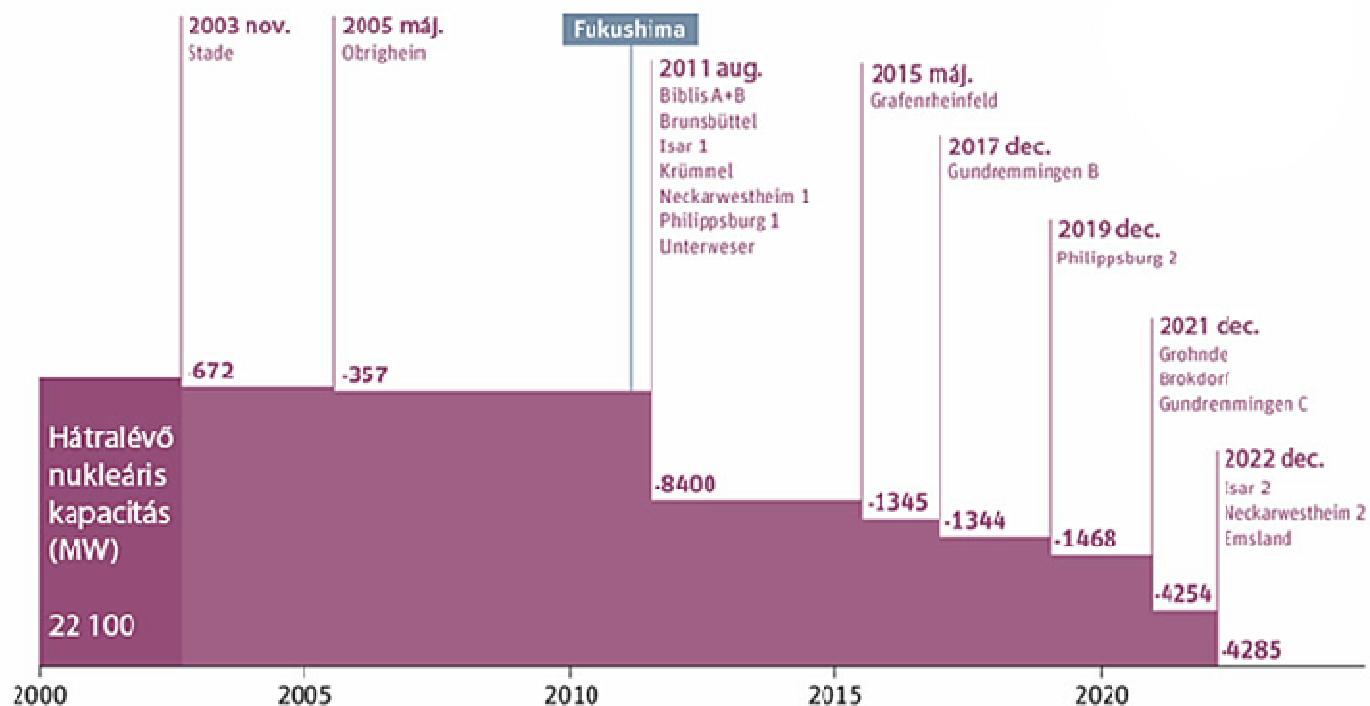
Németország atomenergia nélkül

A korábbiakban már olvashattuk, hogy Németország 2022-ig leállítja az összes atomerőművét, mert úgy vélik, hogy ez a technológia nem jövőbe mutató, nem biztonságos, felesleges kockázatokkal jár, nem egyeztethető össze a megújulókkal, és nem utolsó sorban rettenetesen drága. Különösen

fontos ezt kiemelnünk és megjegyeznünk akkor, amikor Magyarországon éppen atomerőmű-bővítésre készül a kormányzat – a jelenlegi árfolyamok mellett mintegy 3850 milliárd forintnyi hitelből.

A német szakértők álláspontja szerint az **atomerőművek rendkívül rugalmatlanok**, nem szabályozhatók az elvárt mértékben, így egy korszerű energiarendszerben alkalmazhatóságuk a környezeti terhelést leszámítva is korlátozott. A jelenlegi világtendencia szerint az atomerőművek energiatermelése 2010 óta folyamatosan csökken, és az elkövetkezendő évtizedben több erőművet állítanak majd le, mint helyeznének működésbe. 2012-ben összesen 2 346 TWh energiát termeltek ilyen módon, ez az előző évhez képest 172 TWh-s (6,8%-os) csökkentést jelent. A nukleáris energia részesedése a kereskedelmi primerenergia-fogyasztásban 4,5%-kal esett vissza az előző évhez képest, 1984 óta ez a legalacsonyabb érték. A 2013-as adatok szerint összesen csak 14 országban zajlik atomerőmű-építkezés, ebből csupán 4 található Európában: Szlovákia, Franciaország, Ukrajna és Finnország (Schneider, M. – Froggatt, A. 2013).

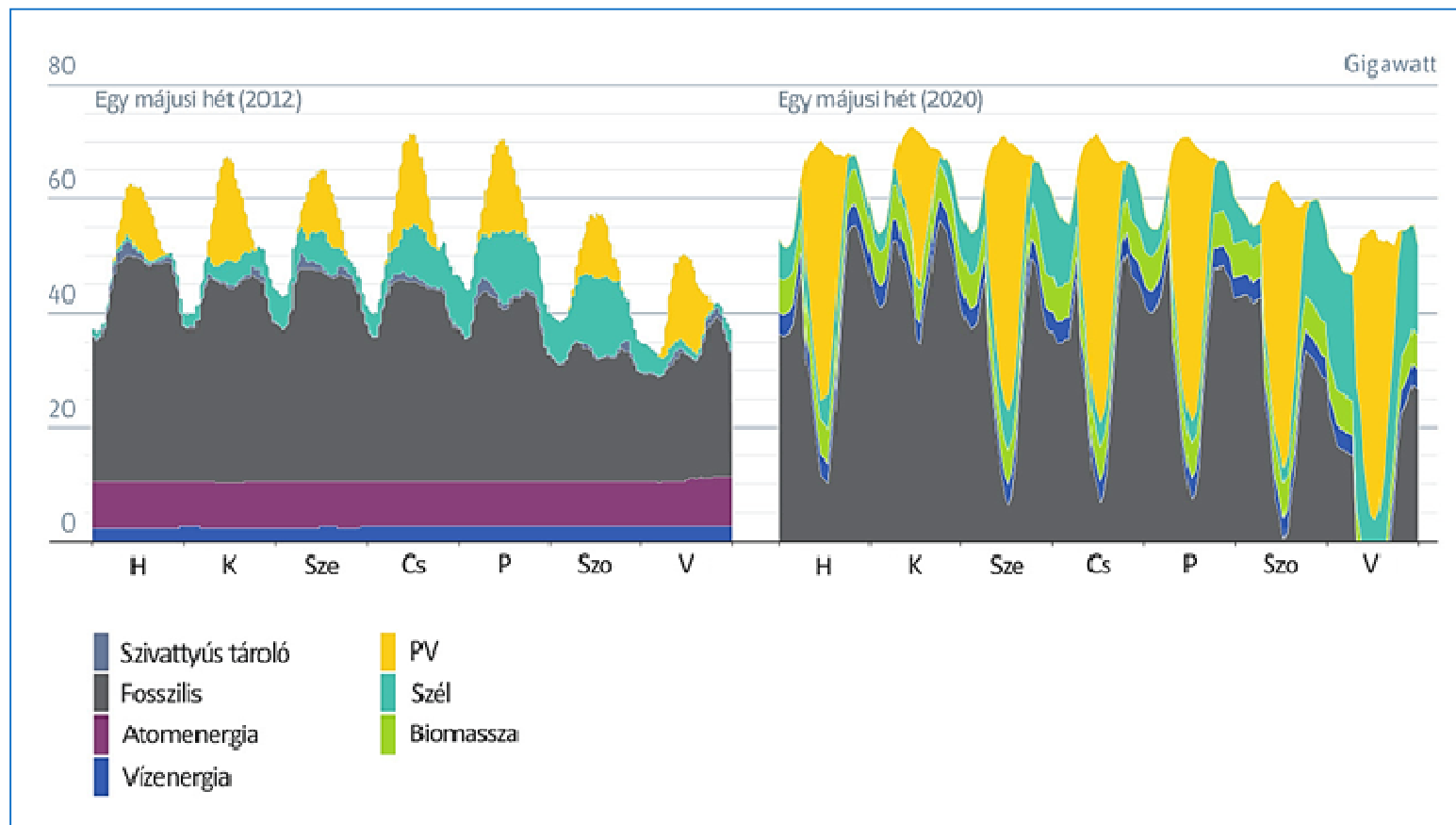
Németország jelenleg még mindig nagy energiaimportőrnek számít, ezért rendkívül sebezhető ezen a téren. Nemcsak uránt (100%-ban), hanem kőszén (72,3%), kőolajat (97,6%) és földgázt (86%) is nagy mennyiségben importál (Morris, C. – Pehnt, M. 2012). A fejlődő országok növekvő energiaigénye viszont lassan meghaladja a kínálatot, ami jelentős áremelkedésekhez vezet, így az energiafüggőségben szenvedő országok – köztük Magyarország is – sosem látott többletköltségekkel szembesülhetnek mindaddig, amíg nem tudnak érdemi eredményeket elérni a függetlenedés útján (és az atomerőmű sajnos nem tartozik ezek közé).



31. ábra: A nukleáris kapacitás leépítése Németországban 2003-2022 között (Morris, C. – Pehnt, M. (2012) alapján Kovács K.)

Amikor Németországban elhatározták, hogy 2011-ben 8 atomerőművet leállítanak, akkor az energiaellátás biztosítása érdekében konvencionális erőműveket kellett üzembe helyezniük, amelyek a mai napig működnek. Leginkább a rugalmas gázturbinás (csúcs)erőműveket támogatják, mert kisebb a CO₂-kibocsátásuk, mint a széntüzeléses erőműveknek, és gyorsabban bekapcsolhatók a termelésbe. Az atomerőművek ellenben alaperőművek, amelyek folyamatosan, igen nagy kihasználtsággal működnek és rugalmatlanságuk folytán nem lehetséges mellettük jelentős megújuló

kapacitásokat a rendszerbe integrálni – többek között ezért sem szerepel az új német energiapolitikában az atomenergia. Ehelyett menettrendtartó- és csúcserőművekre van szükség, amelyek kellően rugalmasak ahhoz, hogy kiegészítsék a megújuló erőforrások ingadozó termelését. A 32. ábra azt mutatja, az erőművek csak akkor lépnének működésbe, ha a megújulók már nem tudják kielégíteni az igényeket. Az új erőműrendszer létrehozása, amely rövid idő leforgása alatt 10 GW-ról 50 GW-ra tudja növelni a pillanatnyi termelést, jelenleg is zajlik.



32. ábra: Becsült energiaigények egy májusi hétre 2012-ben és 2020-ban Németországban (Morris, C. – Pehnt, M. (2012) alapján Kovács K.)

Megújuló energiák finanszírozása és támogatása

Ahogy láthattuk, a német energiaátmenet kulcsfontosságú résztvevője maga a megújuló energia, amelyek elterjedését, használatát a kormány különféle – törvényekben és rendeletekben előírt – támogatásokkal igyekeznek segíteni. Ilyen például a már említett EEG (megújuló energia törvény), amely magában

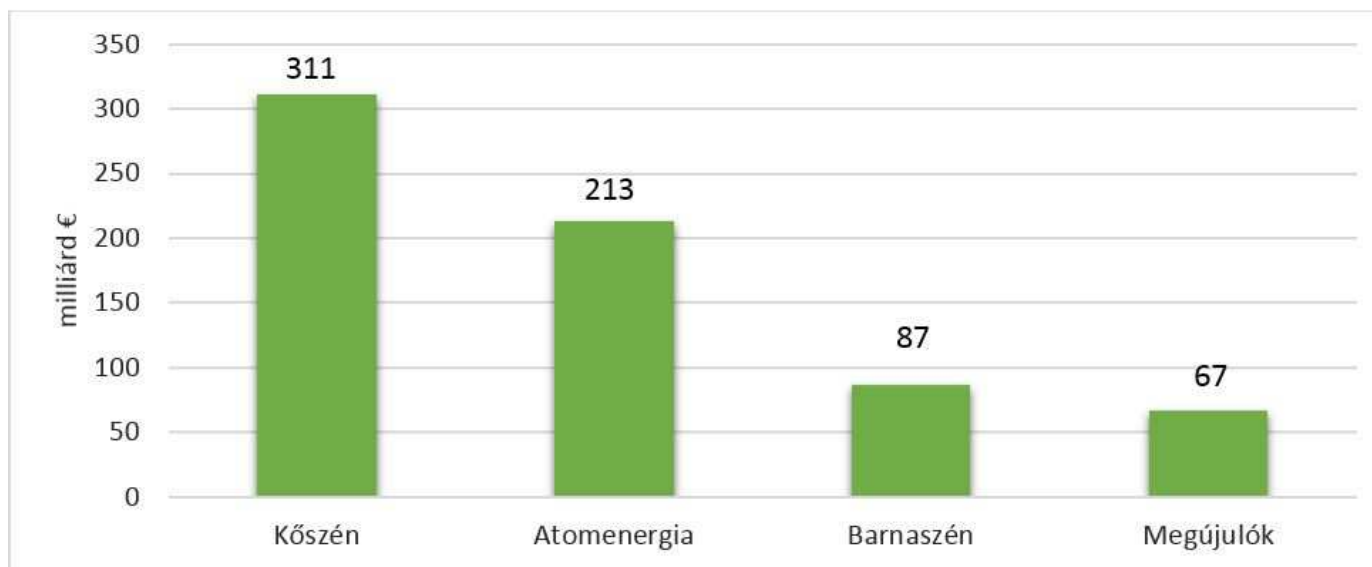
foglalja az **öko-illetéket**. Kezdeményezték az úgynevezett **KfW-Offshore** programot, amelynek célja a tengeri szélenergia bővítése és fejlesztése, és erre 5 milliárd euro támogatást különítettek el. Már 2009 óta létezik az **EEWärmeG**, ami az új építésű házaknál és — a 2011-es módosítás óta — a már meglévő középületeknél kötelezővé teszi, hogy a melegvíz-előállítás egy meghatározott aránya megújulókat által történjen (BMU 2011). Az szabadon

választható, hogy milyen módon és milyen megújuló erőforrás segítségével történik a meleg víz előállítás. Érdemes még megemlíteni a Megújuló Energia Exportkezdeményezést, amely 2002 óta létezik, és elősegíti a német megújuló energiaipar nemzetközivé válását, különös hangsúlyt fektetve a külkereskedelemre, éghajlatváltozásra és fejlesztési együttműködésekre.

A 33. ábra segítségével láthatjuk, hogy Németországban hogyan alakult a különféle energiahordozók állami támogatása 1970 és 2012 között. Ez idő alatt a legtöbb támogatást a kőszén kapta (összesen 311 milliárd eurót), majd ezt követte az atomenergia 213 milliárd euróval. Mivel a megújulók csak az 1990-es évek közepe óta részesülnek jelentősebb támogatásokban, ezért a jelenlegi 67 milliárd eurós össztámogatás jócskán elmarad a kőszén, az atomenergia és a barnaszén mögött (Küchler, S. — Meyer, B. 2012).

Amíg a megújulókra vonatkozó EEG-támogatás világosan megjelenik az áram árában, addig a szénre és az atomenergiára vonatkozó hozzájárulásokat egyrészt az állami költségvetésből, másrészt törvények segítségével fedezik, amik ugyanúgy növelik az áram árát, de ezek a fogyasztók számára már nem jelennek meg a villamosenergia-számlában. Ez pedig azt a **téves benyomást** keltheti, hogy a megújulókkal szemben a hagyományos energiahordozók

sokkal megfizethetőbbek (Küchler, S. — Meyer, B. 2012). Ez már csak azért sem igaz, mert a koránt sem elhanyagolható externális költségekről sokan megfeledkeznek. Externáliának nevezzük, amikor egy gazdasági szereplő a tevékenysége következtében nem szándékosan, kompenzáció nélkül pozitív vagy negatív jóléti változásokat okoz egy másik gazdasági szereplőnek (Krewitt, W. — Schlomann, B. 2006). Egy 2012-es német tanulmány szerint a villamosenergia-termelésben a legmagasabb externális költségekkel az atomenergia és a lignit rendelkezik. Míg utóbbi 10,7 cent/kWh-ba kerül, addig az atomenergia externális költsége 0,1-320 cent/kWh is lehet, az egy lehetséges atomkatasztrófával járó súlyos kiadások miatt (Küchler, S. — Meyer, B. 2012). A dokumentum szerzői nem hisznek az úgynevezett „best guess”-ben, vagyis a legjobb becslésben, mégis a Német Környezetvédelmi Hivatal számításai nyomán az atomenergia átlagos externális költségét 10,7 cent/kWh-ban állapították meg, így az tehát a lignittel egyenértékű. A feketekőszén 8,9 cent/kWh-ba, a földgáz 4,9 cent/kWh-ba, míg a vízenergia és szélenergia csak 0,2-0,3 cent/kWh-ba, a napelemek pedig 1,2 cent/kWh-ba kerülnek (Küchler, S. — Meyer, B. 2012). Minél magasabb az összeg, annál nagyobb szennyezéssel jár az adott erőmű vagy energiatermelő tevékenysége.



33. ábra: Állami támogatások Németországban 1970 és 2012 között összesen. (Küchler, S. — Meyer, B. 2012 alapján Kovács K.)

Összefoglalás

Manapság kevés jobb befektetés létezik a megújuló energiáknál és az energiahatékonyságnál. A megújulók differenciál-költségei az elkövetkezendő években tetőznek, így várhatóan már egy évtizeden belül segítenek stabilizálni az energiaárakat. Míg azok az országok, amelyek kitartanak a konvencionális, nem megújuló erőforrások használata mellett, szembesülni fognak az egyre emelkedő energiaárakkal, amelyeket már nem fognak tudni törvények segítségével visszaszorítani, addig a zöldenergiát hasznosító országok belátható időn belül stabil energiaköltségekkel számolhatnak.

Míg az energiaátmenet kritikusi bírálják, hogy a rengeteg fosszilis erőmű bezárásával munkahelyek szűnnek meg és az emberek elveszítik az állásaikat, addig a valóság egészen más képet mutat. A megújuló energia-ipar már évek óta több munkavállalót foglalkoztat, mint a hagyományos energiaszektor, ahol

20 éve még több mint félmillió ember dolgozott, 2011-ben már csak 228 000 fő (BMW-i — BMU 2012b). A megújuló energiaszektorban ezzel szemben 2012-ben 377 800 embert foglalkoztattak, azon belül is a legtöbb munkahelyet a szárazföldi szélenergia-ipar (99 900 fő), a napelem-ipar (87 800 fő), és a biogáz-ipar (49 500 fő) adja (BMU 2013). 2020-ra a becslések szerint már 600 000 ember fog az ágazatban dolgozni (összehasonlításképpen, jelenleg ennyi embert foglalkoztatnak az autóiparban), tehát közel megduplázódik a megújuló munkahelyek száma 9 év alatt (Morris, C. – Pehnt, M. 2012), arról nem is beszélve, hogy a megújuló energiák terjedésének köszönhetően folyamatosan növekvő tendenciával lehet számolni, tehát a kritikusok féltelme alaptalan a munkahelyek számának csökkenésével kapcsolatban.

Németország példáján is láthatjuk, hogy az energiaátmenet nem könnyű és olykor magas költségekkel is jár, ám a már ma is egyre olcsóbb megújulókból

származó áram a sikert vetíti előre. A szélenergia már régóta viszonylag olcsónak számít Németországban, a napenergia által termelt villamos energia ára pedig továbbra is zuhan, ahogy azt korábban is olvashattuk. 2020-ig a költségek minden bizonnyal tovább csökkennek, hiszen számos régi rendszer már nem lesz jogosult a betáplálási tarifára, így a zöldenergia még kifizetődöbbé fog válni.

Felhasznált irodalom

- AEE (2012): Bundesländer mit neuer Energie - Jahresreport Föederal-Erneuerbar 2011/12. – Agentur für Erneuerbarer Energien, Berlin. p. 33
- AGEB (2013): Primärenergieverbrauch. Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V., Berlin
- AGEE-Stat (2013): Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland. – Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik, c/o Zentrum für Sonnenenergie-und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg, Stuttgart. p. 41
- AGEE-STAT (2014): Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland. – Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik, c/o Zentrum für Sonnenenergie-und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg, Stuttgart. p. 41
- BMU (2013): Erneuerbare Energien in Zahlen. – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin. p. 112
- BMWi — BMU (2012): Energiewende auf gutem Weg. – Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Berlin – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin. p. 17
- BMWi — BMU (2010): Energy Concept for an Environmentally Sound, Reliable and Affordable Energy Supply. – Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Berlin – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin. p. 37
- BMWi — BMU (2012a): Energiewende auf gutem Weg. – Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Berlin – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin. p. 17
- BMWi — BMU (2012b): Erster Monitoring-Bericht „Energie der Zukunft“. – Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Berlin – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin. p. 132
- BMWi (2012): Energiedaten. Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., Berlin
- Bofinger, S. — Callies, D. — Scheibe, M. — Saint-Drenan, Y. — Rohrig, K. (2011): Potenzial der Windenergienutzung an Land — Kurzfassung. Bundesverband WindEnergie e.V., Berlin. p. 24
- Buchan, D. (2012): The Energiewende - Germany's gamble. – Oxford Institute for Energy Studies, Oxford. p. 38
- Demeter K. (2012): A PA Zrt. 2011. évi villamos energia termeléséhez kapcsolódó jellemző adatok. — Elektrotechnika: a Magyar Elektrotechnikai Egyesület hivatalos lapja, 2012/01. pp. 27
- DEWI (2012): Windenergie in Deutschland – Aufstellungszahlen für das Jahr 2012. DEWI GmbH, Wilhelmshaven. (http://www.dewi.de/dewi/fileadmin/pdf/publications/Statistics%20Pressemitteilung/31.12.12/Infoblatt_2012.pdf)
- Ender, C. (2014): Wind Energy Use in Germany - Status 31.12.2013. In: DEWI Magazin No. 44. pp 35-46
- EUROSERV'ER (2012): Biogas Barometer. Systèmes Solaires Le Journal Des Énergies Renouvelables N° 212. p. 7

- EPIA (2013): Market report 2012. – European Photovoltaic Industry Association, Brussels. p. 7
- Faulstich, M. — Foth, H. — Calliess, C. — Hohmeyer, O. — Holm-Müller, K. — Niekisch, M. — Schreurs, M. (2010): 100% erneuerbare Stromversorgung bis 2050: klimaverträglich, sicher, bezahlbar. – Sachverständigenrat für Umweltfragen, Berlin. p. 447
- Fraunhofer ISE (2013): Recent facts about photovoltaics in Germany. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, Freiburg. p. 86
- Grotz, C. — Jensen, B. — Schroth, G. (2009): Repowering von Windenergieanlagen - Effizienz, Klimaschutz, regionale Wertschöpfung. – Bundesverband Windenergie e.V., Berlin. p. 20
- Krause, F. (1982): Energieversorgung der Bundesrepublik ohne Kernenergie und Erdöl - Kurzfassung der Energiestudie des ÖKO-Instituts. – Öko-Institut, Freiburg. p. 10
- Krewitt, W. — Schlomann, B. (2006): Externe Kosten der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Vergleich zur Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern. – Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Stuttgart – Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung, Karlsruhe. p. 59
- Kuhbier, J. (2007): Offshore wind power in Germany. – Prezentáció, Berlin. p. 8
- Küchler, S. — Meyer, B. (2012): The full costs of power generation — A comparison of subsidies and societal cost of renewable and conventional energy sources. Bundesverband WindEnergie eV., Berlin. p. 20
- Kwiatkowska-Drożdż, A. — Mazur, K. (2012): The expensive energy revolution in Germany - The implementation of the Energiewende is behind schedule. – OSW Commentary, Issue 77. 2012/5/10. p. 8
- Lang, M. (2013): BDEW: German Electricity Grids 1.8 Million km (<http://www.germanenergyblog.de/?p=12807>) letöltés: 2013.04.29.
- Loubriel, A. (2014): 50 Percent of the Energy Produced in Germany Is Solar: New Record. (<http://guardianlv.com/2014/06/50-percent-of-the-energy-produced-in-germany-is-solar-new-record/>)
- Meegen, G. (2010): Heute vor 28 Jahren - Letzte Groß-Demo in Kalkar (<http://www.lokalkompass.de/kalkar/politik/heute-vor-28-jahren-letzte-gross-demo-in-kalkar-d17448.html>)
- Morris, C. — Pehnt, M. (2012): Energy Transition - The German Energiewende. – Heinrich Böll Stiftung, Berlin. p. 83
- Munkácsy B. (2011): Napenergia. — In: Munkácsy B. (szerk.): Erre van előre! Egy fenntartható energiarendszer keretei Magyarországon. Környezeti Nevelési Hálózat Országos Egyesület, Szigetszentmiklós. pp. 78-86.
- Shahan, Z. (2013): BREAKING: Germany Sets Solar Power Record (Again) — 23.9 GW (<http://cleantechnica.com/2013/07/07/breaking-germany-sets-solar-power-record-again-23-9-gw/>)
- Solarpraxis AG (2013): Biogas an all-rounder – New opportunities for farming, industry and the environment. Berlin. p. 134
- Schneider, M. — Froggatt, A. (2013): The World Nuclear Industry Status Report 2013. Paris-London. p. 140
- Uken, M. (2012): Energiewende: Stromnetz der Bahn nutzbar, aber echt kompliziert <http://blog.zeit.de/gruenegeschaeft/2012/07/02/energiewende-stromnetz-der-bahn-nutzbar-aber-echt-kompliziert/>
- Wallasch, A. — Ekkert, M. — Rehfeldt, K. (2013): Status des Windenergieausbaus in Deutschland. – Deutsche WindGuard GmbH, Varel. p. 10

5. Problémák és lehetőségek az energiagazdálkodásban

5.1 A decentralizáció lehetőségei az energiagazdálkodásban

Ballabás Gábor – Sáfián Fanni – Munkácsy Béla – Juhász Csaba – Kádár József – Tunyogi Bendegúz

Bevezetés – a jelenlegi hazai centralizált energiarendszer jellemzői

Hazánk primerenergia-felhasználás forrásösszetétele kedvezőtlenül egyoldalú, döntően fosszilis (földgáz, kőolaj) forrásokra támaszkodó. Ezek meghatározó része külföldről származik, a behozatal jelentős hányada Oroszországból érkezik, amely egyoldalú importfüggőséget jelent (részletesen lásd a 2. fejezetben). További probléma, hogy a jelentős fosszilis energia használat miatt szembe kell nézni számos légszennyező anyag, így az üvegházgázok jelentős emissziójával, ennek következtében pedig a klímaváltozás kedvezőtlen hatásaival is. Ehhez számos más környezeti terhelés is járul (vizek igénybevétele, a fogyó energiahordozók bányászatának hatásai, a keletkezett hulladékok kezelésének problémái stb.). Ezek ismeretében nem meglepő, hogy – a nemzetközi kutatások tapasztalatai alapján (Swiss Federal Statistical Office, 2006) – a hazánkéhoz hasonló gazdasággal és energiarendszerrel rendelkező országok **ökológiai lábnyomának mintegy 60-65%-a kapcsolódik az energiaszektorhoz**, ezzel az **energia-lábnyomunk** a többi lábnyom-komponenshez viszonyítva a leginkább aggasztó méretű.

Ezért is érdemes jelenlegi energiarendszerünket gyökeresen átalakítani, forrásainkat diverzifikálni, ezáltal energiatartósságunkat csökkenteni. A megoldási lehetőségek közül az ellátásbiztonság erősítése, az importfüggőség oldása, vagyis a megújuló energiaforrásokra való áttérés lehet a cél, így 2050-

re – Dániához hasonlóan – akár egy 100%-ban megújuló energiarendszeren alapuló gazdaságot és társadalmat kialakítva.

Jelenlegi helyzetünket röviden jellemezve megállapíthatjuk, hogy hazai villamosenergia-termelés alapjai a fosszilis (főleg földgáz) és nukleáris energiahordozók, amelyeket nagyerművekben (50 MW beépített teljesítmény felett) hasznosítanak igen alacsony hatásfokkal. 2012-ben a 10 094 MW beépített teljesítményből 8 582 MW nagyerművekbe állt rendelkezésre (85%), és a bruttó villamosenergia-termelés 86%-át (29563 GWh) is ezek adták (MEKH-MAVIR 2012). Ezt a rendszert a múlt évszázadban alakították ki. 1932-ben adták át a Budapest és bánhidai erőmű közti vezetékét, az 1950-es évekre alakították ki az egységes villamosenergia-rendszer alkotóelemeit számos új, főleg szenes erőművi blokk építésével és továbbfejlesztésével, továbbá létrehozták az erőművek működését összehangoló rendszert, az Országos Villamos Teherelosztót. A fejlesztések eredményeként 1963-ra a hazai települések mindegyike be volt kapcsolva az országos villamosenergia-rendszerbe – csak a tanyás térségek ellátása maradt megoldatlan. Az 1960-as évektől megjelentek a mind nagyobb teljesítményű, a kor technikai színvonalának megfelelő, de környezetvédelmi szempontból problémás erőművek szénhidrogén, majd a paksi atomerőmű 1980-as évek eleji belépésével nukleáris energiahordozóval. A rendszer nagy erőműveinek legfontosabb telepítő tényezői közé tartoztak a hűtővíz céljára igénybe vehető víztestek (például a Duna a paksi és a százhalmabattai erőművek esetében), a helyben rendelkezésre álló fosszilis energiaforrások (főleg szénfészeségek például Gyöngyösvisontán, Oroszlányban), bizonyos esetekben a fogyasztópiacok közelsége és más speciális (például biztonsági, szállítási) szempontok is (Perczel Gy. 2003).

A biztos vevői kör, az egyre növekvő igény a villamos energiára és a technológiák fejlődése lehetővé tette egyre nagyobb központi erőművek és elosztó hálózatok építését hosszú megtérülési idővel. 1948-tól hazánkban is

állami monopólium volt a villamos energia előállítása, szállítása és elosztása, amelynek megfelelő volt a szabályozási és támogatási környezet is. A rendszerváltozás után a termelő létesítmények egy része és a fogyasztók ellátása privatizálásra került, ám a rendszer irányítása, a nagyfeszültségű szállítási rendszerek, és több erőmű is (például az alaperőműként használt atomerőmű négy blokkja) állami kézben maradt. A hazai villamosenergia-rendszer a biztonságos energiaellátást jelenleg import energiahordozókkal és a hazainál olcsóbban rendelkezésre álló, import villamos energia bevonásával tudja garantálni.

A centrális, nagyerőművekre építő energiarendszer számos további problémát vet fel. Az első ilyen az **energiabiztonság** kérdése. A baleset vagy más ok miatt a termelésből hirtelen kieső nagyerőművi blokkok, vagy a szállítási rendszerek nem várt sérülései, kiesései; esetleg a rendszerirányítás hibái a teljes rendszer frekvenciaingadozását, szétkapcsolását, összeomlását, és így nagy területekre kiterjedő áramszüneteket eredményeznek. Erre több nemzetközi példát is lehet hozni, melyek közül kiemelkedik a New Yorkban tapasztalt áramszünet 1965-ben, 1977-ben és 2003-ban is. A 2003-as áramszünet során az Amerikai Egyesült Államok keleti partvidéke és Kanada egy része is sötétségbe borult, aminek következményeként sokan említik a halálesetek számában kimutatható 28%-os kiugrást (MTI 2012). Az öreg kontinensen 2003 szeptemberében Olaszországban, 2006 novemberében németországi kiindulással pedig szinte egész Európát érintően volt példa rendszerösszeomlásra (Hlavay R. 2006; Kimpián A. 2005). Ez a néhány példa is jól mutatja, hogy ha egy centralizált energiatermelési és -elosztási rendszerben hiba alakul ki, akkor akár egész országok, országrészek, nagyvárosok maradhatnak áramellátás nélkül a rendszer újraindításáig. Ezen probléma okán is szükséges olyan tartalékkapacitások kiépítése és készenlétkben tartása, mint hazánkban az állami kézben lévő sajtószögedi, lőrinci és litéri gázturbinás (gyorsindítású) tartalékerőművek, amelyek összes beépített teljesítménye – a nemzetközi elvárásokhoz híven – lényegében

megegyezik a legnagyobb hazai erőművi egység, vagyis egy paksi erőművi blokk teljesítményével. Így egy nagy centralizált blokk kiesése gyorsan – ám a fentiekben részletezett költséges struktúra árán – pótolható a rendszer összeomlása nélkül. A fentiekből az is következik, hogy a tervezett nagyobb paksi erőművi blokkok megépítése – közvetett módon – további drasztikus költségeket generál a gyorsindítású erőművek tekintetében.

További probléma, hogy a centralizált energiarendszerben **jelentősek a hálózati veszteségek** is, hiszen nagy távolságokra kell elszállítani a villamos energiát. A termelés és a fogyasztás időnként eltérő ingadozásai (amit a fogyasztóoldali befolyásolás terén elért nemzetközi eredményeinek tükrében ma már nevezhetünk akár összehangolatlanságnak is), a fel- és letranszformálás, a hálózat rendszereinek ellenállása együttesen jelentős veszteséget eredményeznek. Ennek hazai példáját az alábbi táblázat szemlélteti, amelyen jól érzékelhető a hálózati veszteségek változásai mellett azok jelentős léptéke is. Megállapítható például, hogy a hazai hálózati veszteség nagyságrendje (például 2012-ben 3684 GWh) összevethető a teljes szolgáltatási szektor (szállítás, raktározás, kereskedelem, idegenforgalom stb.) villamosenergia-fogyasztásával (2012-ben 6320 GWh), így pedig végeredményben nagy mennyiségű (fosszilis és nukleáris) energiahordozó energiája vész kárba. Ugyanez más megközelítésben: a 2008-as hazai hálózati veszteség értéke (3888 GWh) a Paksi Atomerőműben adott évben megtermelt villamos energia (13 968 GWh) 27,8%-a volt: vagyis leegyszerűsítve: a négyből egy paksi blokk csak a hazai hálózati veszteségek táplálására szolgált a villamosenergia-rendszerben.

4. táblázat: A villamosenergia-rendszer veszteségei Magyarországon (GWh)
(MEKH-MAVIR 2012)

	Hálózati veszteségek	Bruttó fogyasztás	Hálózati veszteségek a bruttó fogyasztás százalékában
1970	1513	16521	9,16
1975	1955	22762	8,59
1980	2831	29298	9,66
1985	3589	35360	10,15
1990	4036	37046	10,89
1995	4749	33668	14,11
2000	4733	35884	13,19
2005	3941	39149	10,07
2010	3801	39808	9,55
2011	3784	40142	9,43
2012	3684	39949	9,22

A fentiek mellett a centralizált energiatermelés **jelentős mértékű koncentrált környezetterheléssel és jelentékeny területhasználattal is jár**, ami egyrészt a nagy mennyiségű energiahordozó kitermeléséből (bányászat), előkészítéséből, feldolgozásából, továbbá a nagyerőművek üzemeltetéséből adódik. Megemlítendő még koncentrált környezeti hatásként a

nagyerőművekhez kapcsolódó hatalmas infrastrukturális rendszer, illetve annak kiépítése és működtetése is (Szuppinger P. 2000). Figyelembe kell venni például a nagy szenes erőművek esetén azt a nagy mennyiségű és komoly környezeti terhelést jelentő szilárd hulladékot is, úgymint a keletkező salakot és pernyét, valamint a füstgázok tisztítása során leválasztott szennyezőanyagokat. Példaként említhető a hazai erőművek közül a döntően lignittüzelésű Mátrai Hőerőmű a hozzá kapcsolódó két nagy kiterjedésű bányaterülettel (Bükkábrány, Visonta térsége). Komoly környezeti kockázatot jelenthet a nukleáris reaktorok működésekor, illetve a bezárás, lebontás következtében keletkező nagy aktivitású, valamint kis- és közepes aktivitású radioaktív hulladék. Ezek átmeneti tárolásáról, valamint biztonságos végleges elhelyezéséről – ha lehet ilyenről beszélni 400 000 éves időtávlatban – szintén gondoskodni kell.

A központosított energiatermelés felvet egy olyan – hazánkban is jól kitapintható – társadalmi problémát is, hogy az irányítás túlzott központosítása **az átláthatóság hiányát** is eredményezheti. Sőt egyre többen ismerik fel a túlzottan központosított energiarendszerek veszélyét abban, hogy akár **katalizátora lehet a demokratikus politikai berendezkedés diktatórikussá válásának** (Szuppinger P. 2000).

A fentiekben megfogalmazott problémák mellett azt is lényegesnek tartjuk, hogy ez a struktúrájában jórészt változatlan rendszer és az ennek következtében **lassan változó szabályozási, támogatási környezet** napjaink szempontjait figyelembe véve egyre több problémát és a nemzetközi versenyben súlyos lemaradást okoz, így például nagyban korlátozza új, környezetkímélő technológiák széleskörű alkalmazását, hazai fejlesztését.

A decentralizált (elosztott) energiatermelés

A decentralizált energiatermelés során a nagy központosított energiarendszerek nagyerművei helyett kis teljesítményű, de nagy számú egységekben – regionális, települési, közösségi szinten – folyik az energiatermelés jelentős arányban helyben történő felhasználással. A WADE (World Alliance for Decentralized Energy) nemzetközi szervezet a következő definíciót fogalmazza meg a **decentralizált energiatermelésre (DE)**: villamos energia termelése a felhasználás helyén vagy közvetlen közelében függetlenül a termelőegység méretétől, technológiájától, az energiahordozótól és attól, hogy szigetüzemben vagy villamosenergia-hálózatra csatlakoztatva működik-e. Ebben három perspektivikus területet emelnek ki:

1. a fogyasztás helyén, megújuló energiákból történő villamosenergia-termelést;
2. a magas hatásfokú kogenerációs és trigenerációs energetikai rendszereket;
3. az ipari energia újrahasznosítását (például veszteséghőből) és helyben (ipari telephelyen) történő villamosenergia-termelést (WADE 2014).

Magyarország léptékében kis méretűnek a 2-10 MW-os és ennél kisebb rendszerek számítanak. Nyilvánvalóan ezen érték fölött a nagy beépített teljesítményű megújuló alapú erőművek is a koncentrált energiatermelés egységeinek tekintendők, így például a biomassa (faapríték) tüzelésű egykori szeszes nagyerműveink (például Pécs, Ajka), a nagy vízerőművek (Bős, Kisköre) (Kádár P.- Vajda I. 2010).

Mindezekkel együtt is ki kell emelni, hogy a decentralizált energiagazdálkodás nem csak technológiai kérdés, hanem egy **energiagazdálkodási filozófia** is egyben, amely magában foglalja a kis kapacitású, fogyasztókhoz közel telepített kiserőműveket, az ezekhez kapcsolódó tárolókapacitásokat, a modern rendszerirányítást, az intelligens hálózati együttműködést, a fogyasztók energiatudatos magatartásának

javítását, a fogyasztás szabályozását és befolyásolását is. Mindehhez pedig megfelelő közösségi, állami támogatási és szabályozási háttér szükséges.

A decentralizált (elosztott) energiarendszereknek az alábbi jelentős előnyei lehetnek:

- a helyi adottságok jobb kihasználása, a helyi gazdaság fejlesztése;
- a hálózat nagyobb stabilitása;
- kisebb tőkebefektetést igénylő, egyszerű technológiájú, könnyen karbantartható erőművek;
- a megújuló energiaforrásokra alapozott, megfelelően előkészített, megtervezett kiserőműveknél alacsony környezeti kockázatok a teljes életciklusra vetítve;
- modulrendszerű, egyszerűen, fokozatosan növelhető kapacitások;
- az egyes elemek és a rendszerek egyszerűbb irányítása (ki-bekapcsolási üzemmód, szabályozhatóság);
- jelentősen csökkenthető átalakítási és a szállítási veszteség;
- árverseny a dinamikusan fejlődő piacokon;
- európai közösségi, nemzetközi támogatások nyújtotta finanszírozási előnyök;
- munkahelyteremtés (például a technológiákhoz kapcsolódó kutatás-fejlesztés, a berendezések előállítása, a rendszer működtetése, karbantartása, bizonyos energiaforrások előállítása terén). Többfeladatok jelentkez(het)nek például a tervezés, az engedélyezés, az ellenőrzés és a rendszerirányítás szintjén is.

Elterjedésüket hátráltató tényezők:

- a mai alap- és elosztóhálózatokhoz nehéz a csatlakozás, amelyet a sokszor monopolhelyzetben lévő áramszolgáltatók még tovább nehezíthetnek;
- a monopóliumalapú árampiacokon az ilyen rendszerek nehezen illeszkednek a meglévő közműmodellbe;

- a környezetvédelmi előírásokat, engedélyeket az adott és időpontban érvényes technológiai szintnek megfelelően adják ki a hatóságok, így a korábbi időszak (akár elavult) erőművei versenyelőnybe kerülhetnek azzal, hogy relatíve többet szennyezhetnek;
- a sokféle rendszer, technológia, gyártó mellett nagyobb figyelmet kell fordítani a szabványosításra;
- bizonyos országokban (Magyarországon is) nehezen kiszámíthatók a szabályozás változásai;
- az időjárásfüggő energiahordozóknál a fogyasztástól eltérőek a napi és éves terhelési görbék;
- a fentiekből fakadóan az energiatárolás alapvető fontosságúvá válik a jövőben, de a megfelelő rendszerek kombinációjának kiválasztása, kiépítése és működtetése nem egyszerű feladat (Szuppinger P. 2000; Veisse I. 2004; Kádár P. - Vajda I. 2010).
- a termelés, rendszerirányítás és intelligens együttműködés komoly monitoring, informatikai és szoftverhátteret, valamint felkészült szakembereket igényel – utóbbiak felkészítésére nem minden országban vannak meg a feltételek. Ezen a téren hazánk is kihívásokkal küzd, az új energetikai megoldásokat megismerni vágyó fiatal szakemberek leginkább külföldi környezetben ismerkedhetnek meg a legújabb technológiákkal és az ezekhez szorosan kapcsolódó korszerű szemlélettel.

A helyi gazdaság fejlesztése – avagy a helyi adottságok jobb kihasználása a regionális energiatermelés előmozdítása révén

Ennek a tevékenységnek a kiindulási alapja az adott térség vagy település lokálisan rendelkezésre álló erőforrásainak (humán, tőke és megújuló természeti) átfogó felmérése és értékelése. Erre alapozva lehet megtervezni a telepítendő decentralizált, egymáshoz kapcsolódó technológiákat, szállítási,

irányítási rendszereket. Az elsődleges cél általában a saját igények minél nagyobb arányú kielégítése, az országos rendszerektől való függés oldása. A folyamatos rendszerfejlesztés megfelelő szabályozási és támogatási környezetben (például EU-s támogatások igénybevételével) lehetővé teszi az országos rendszerekbe történő villamosenergia-betáplálást is, amely bevételeket is generál. Járulékos előny az is, hogy akár a rossz adottságú vidéki térségben is munkahelyek jönnek létre – mégpedig lényegesen nagyobb számban, mint akár az atomerőművek, akár a fosszilis alapú erőművek esetében. A nemzetközi tapasztalatok szerint speciális idegenforgalmi célpont is létrehozható egy megújuló energiából önellátó térség vagy település vívmányainak bemutatásával (csak a szomszédos Ausztriára fókuszálva lásd Güssing vagy a Salzburgi-tóvidék térségét) – legalábbis mindaddig, amíg ezek széles körben történő elterjedése meg nem valósul. Az így létrehozott bemutatóhelyek, programok külső látogatóik révén újabb munkaalkalmakat teremthetnek, akár csak a megfelelő területfejlesztési eszközökkel telepített kutatási-fejlesztési, oktatási és más profilú, de energiaigényes termelő/szolgáltató kapacitások. Ez társadalmi szinten még akkor is profitábilis, ha az egységnyi energiaárra vetített költségek az adott szabályozási környezetben kezdetben esetleg magasabbak, mint az országos átlag.



34. ábra: A Salzburgi-tóvidéken a 2500 lelkes Köstendorf kínál terepet a smart grid rendszer bevezetésének – és egyúttal kutatási-oktatási lehetőséget a szakembereknek (fotó: Munkácsy B.)

Emberi tényező az intelligens energiarendszerben

A decentralizált energiarendszer rendkívül összetett, komoly szervezési-irányítási, gazdasági-finanszírozási, szabályozási és környezeti kihívásokat rejt. Mindemellett hangsúlyozni szükséges, hogy a társadalmi dimenzió megismerése és a társadalomtudományos ismeretek alkalmazása nélkül fenntartható energiagazdálkodásról nem beszélhetünk. Az energia ma már több mint kényelmi szolgáltatás, a modern társadalom alappillérvé vált, ezért roppant kényes terület. Éppen ezért – szemben az eddig megszokott gyakorlattal – ma már az energiával kapcsolatos ügyekben és döntésekben a

lakosság (amely egyúttal energiatermelővé lépett elő) jóval nagyobb szerepet kell kapjon. A fogyasztóoldali elégedettségnek elsődleges szempontnak kell lennie a szolgáltatók munkájában. Ennek fontosságát több – más szempontból – igen előremutató kezdeményezés is alábecsülte, így például a 2008-ban elindult SmartGridCity projekt is, amelyben Boulder városa (AEÁ, Colorado állam) kapott lehetőséget egy smart grid alapú rendszer létrehozására. Számos egyéb szakmai hiba mellett a projekt gazdái nem ismerték fel a fogyasztókkal való kommunikáció (tájékoztatás, oktatás) fontosságát, és végső soron ez is hozzájárult a projekt sikertelenségéhez (Helms, M. 2013).

Az eredményes marketing tehát elengedhetetlen kelléke egy efféle beruházásnak. A fogyasztói bizalom elnyerésére akkor van esély, ha sikerül ráébreszteni az érintett lakosságot arra, hogy a decentralizált termelés jelentős autonómiával ruházza fel őket („living-off-the-grid”) és a jövő energiarendszerében sokkal kisebb mértékben függenének a nagy elosztórendszerektől, sőt termelőként is részesei lehetnek az energialáncnak, ezáltal bevételekre tehetnek szert (Global Smart Grid Federation 2012).

Ugyancsak az emberi tényező fontosságára hívja fel a figyelmet az a tény, hogy az emberi közösségek fogyasztói tudatosságának és érdekeltiségének megteremtéséhez olyan ismeretekre van szükség, amelyek segítségével a lakosság képes racionális döntéseket hozni az energiafogyasztás területén. Az energiarendszer irányítóinak oda kell figyelnie fogyasztóira, például meg kell érteni a szokásaikat ahhoz, hogy eredményes legyen a kétoldalú kommunikáció (IEA 2011).



35. ábra: A japán kormányzat évek óta eredményesen alkalmaz a hivatalokban új öltözködési előírásokat (CoolBiz; Super CoolBiz kampány), amelyek révén műszaki beavatkozások nélkül radikálisan csökkenthető az áramfogyasztás mértéke (fotó: <http://dontpaniconline.com>)

Sajnos hazánk energiarendszerében jelenleg az egyoldalú kapcsolat és egyirányú kommunikáció az uralkodó, ahol a fogyasztók – miközben kiszolgáltatottságuk jelentős – rendkívül csekély mértékű mozgásteret kapnak az energiaszolgáltatóktól. Az ideálisan működő intelligens energiarendszer ezzel szemben lehetőséget nyújt arra, hogy a fogyasztók ne csak fogyasztói, hanem fejlesztői és tervezői is legyenek a rendszernek, az energiavásárlást saját igényeikhez igazíthassák és a maguk által megtermelt energia hasznélvezői lehessenek. Mindez az „energiademokráciát” erősítené, amely amellett, hogy valós jogunk, ráadásul hosszabb távon – az egyre több energiatermelő szavazópolgárnak köszönhetően – lényeges politikai tényező lehet (CSI 2013).

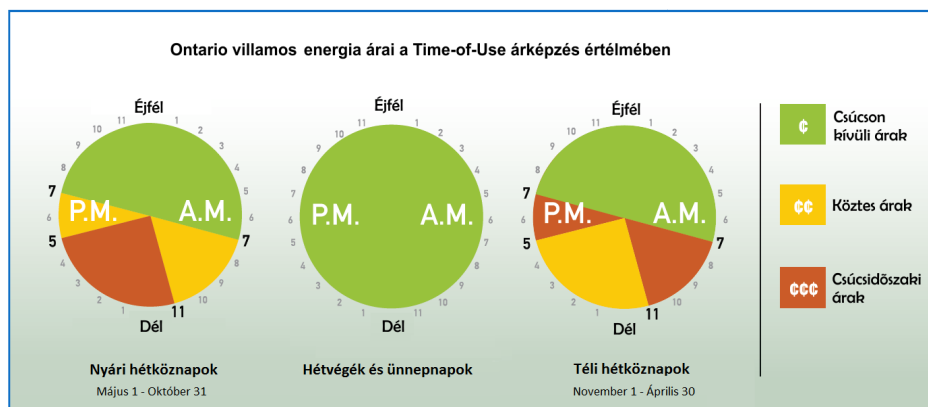
A szabályozás

A decentralizált energiarendszer kialakításának elengedhetetlen feltétele a vonzó és támogató szabályozási környezet megteremtése. Egy olyan szabályozási atmoszférára volna szükség, amely nem csak, hogy ösztönzi a vállalati és háztartási beruházásokat, hanem meg is teremti az energiarendszer teljes újragondolásának feltételrendszerét. A jogi szabályozás terén ezért az egyik kiemelt prioritásként kellene kezelni a háztartási, helyi vállalati szintű energiatermelést. A legnagyobb problémát mégis az jelenti, hogy nem lehet súrlódásmentesen a jelenlegi rendszerhez igazítani egy olyan koncepciót, amely teljesen más elveken és gyakorlaton alapszik.

Az erőműfejlesztésekkel és az energiatárolással egyenrangú energetikai megoldás a **kereslet-oldali szabályozás** (DSM), amely egy kiegyensúlyozottabb napi termelési görbe megvalósítását célozza (IEA 2011). A kereslet oldalán történő beavatkozások egyik legsikeresebb formája a **dinamikus árképzés**. Szemben az átalánydíjas rendszerrel, ez a megoldás sokkal pontosabban és gyorsabban (akár óránként, vagy még ennél is gyakrabban) alkalmazkodik a kínálat és kereslet viszonyrendszeréhez. Mindez ösztönző erővel hat a fogyasztókra, hiszen egy sikeres árképzési politika segítségével a csúcsigény akár 15%-kal is csökkenthető (Faruqui, A. 2010). Egy, az Egyesült Királyságban végzett kutatás szerint az intelligens fogyasztásmérők rendszerének kiépítése önmagában 3%-kal csökkenti az elfogyasztott energia mennyiségét (IEA 2011).

A dinamikus árképzésnek több gyakorlata létezik. Az ilyen elven működő rendszerek ma leggyakrabban a „**time-of-use**” (TOU) árképzést alkalmazzák, amely 2-3 különféle árral dolgozik, úgymint völgyidőszaki, csúcsidőszaki, illetve esetleg egy köztes, átmeneti időszakra vonatkozó árral – akár évszakonként is változó szisztéma szerint. Ezt a jövőben minden bizonnyal fel fogja váltani egy sokkal pontosabb megoldás, a „**real-time**” árazás, amikor a

fogyasztói árakat általában órás lépésekben szabják a kereslethez és a kínálatához, ráadásul fokozatmentesen (tehát nem csupán az előbb említett 2-3-féle árat használva).



36. ábra: Az Ontario államban alkalmazott villamosenergia-árak a Time-of-Use árképzéssel kalkulálva (<http://www.hydroone.com> alapján)

Az árak tekintetében nem csak időben, de térben is előfordulhatnak eltérések: ahol a rendszerbe integrált áramtermelő-kapacitás kisebb, ott ebből következően magasabbak az árak. Ami a térbeliséget illeti, azt is hangsúlyozni kell, hogy a jövőben nagyobb figyelmet kell szentelni a határon átnyúló interregionális együttműködésekre, amelyek elsősorban az energiakereskedelemben ölthetnek testet, segítve a rendszerirányítási nehézségek kiküszöbölését. A határok elválasztó szerepét csökkentik a közös szabályozási keretek, megkönnyítve így a határ két oldalának összefonódását – miközben a befektetők számára is egy barátságos szabályozási környezet jöhet létre.

A rendszerirányítás

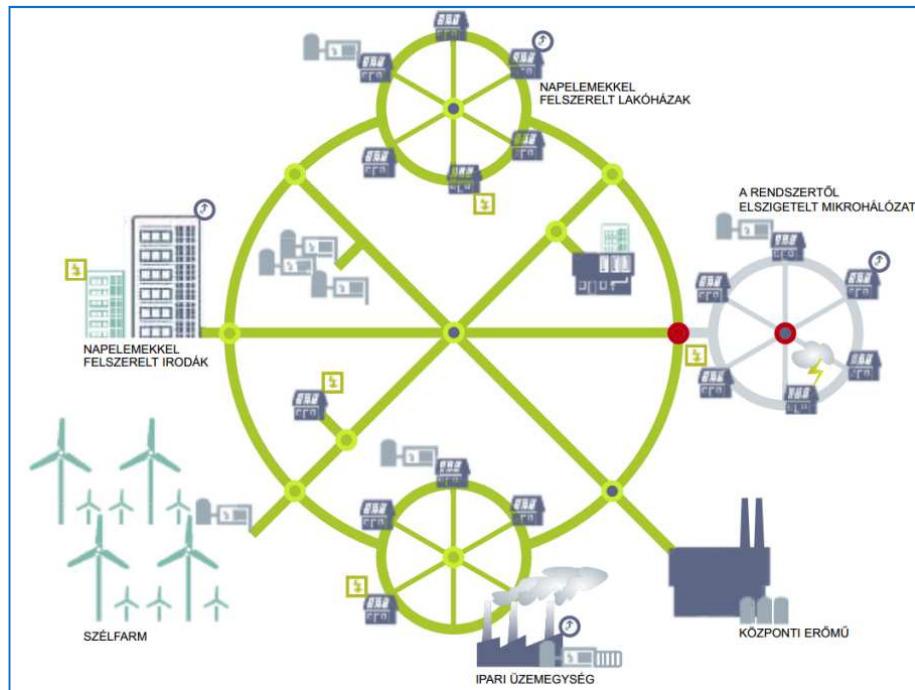
A decentralizált energiarendszer irányításához elengedhetetlen a megfelelő technológiai és informatikai háttér. Mint azt a későbbiekben látni fogjuk, a rendszerirányítás modernizálása, a különböző szervezési és irányítási praktikák nem csupán műszaki kihívást jelentenek. A rugalmasságáról ismert intelligens hálózati együttműködés (smart grid) számtalan előnyével bizonyítja, hogy képes eleget tenni a 21. század új kihívásainak. Ennek lényege, hogy az intelligens hálózati együttműködést az ellátás jobb minőségéért, és az erőforrások jobb kihasználásáért a korszerű elektronikai, elektromos és információs technológiát felhasználva alakítják ki. Az intelligens energiarendszerrel lehetővé válik a **kétirányú kommunikáció**, hiszen a háztartások – a megújuló energiaforrások széleskörű alkalmazhatóságának köszönhetően – potenciális erőművekként jelenhetnek meg az energiarendszerben. Az elosztott termelés a helyi erőforrások jobb kihasználását jelenti, nagyban növelve a háztartások energia-autonómiáját, amely nagyobb térségi léptékben az ellátásbiztonság magas szintjéhez vezet (Kádár P. - Vajda I. 2010). A smart grid, mint egy lokális megoldás, képes válaszokat adni olyan rendszerszintű problémákra is, mint a frekvenciaingadozás, az időjárásfüggő termelés és a napi terhelési görbe átstrukturálása.

Az energiarendszer elaprózottságát hivatott kiküszöbölni az ún. „Virtuális Erőmű”, amely esetében a háztartások, mint kistermelők, egymással összefogva egy integrált egységet alkotnak, így a rendszerirányító felé egyetlen „csomópontként” jelennek meg. A sok kis erőmű együttes piaci megjelenése nagyfokú belső koordináció eredménye (Braun, M. 2009).

A smart grid kulcsfontosságú elemei:

- Kiserőművi termelés: a termelés jellemzően a lokális szükségletek és a szomszédos területek igényeinek függvényében változik;

- Szállítás és elosztás: a rendszer hatékonysága szempontjából megfelelő topológia;
- Az ipari üzemek, intézmények és a háztartások egyaránt mint fogyasztók és termelők lépnek fel: a termelés elsősorban saját szükségletek kielégítésére irányul, de lehetőség nyílik a többletenergia „exportálására”. Fogyasztóként kulcsfontosságú a megfelelő technológiai háttér és a fogyasztói tudatosság (smart home);



37. ábra: Egy intelligens hálózati együttműködési rendszer elvi sémája (Teske, S. 2011)

Elsődleges cél, hogy a rendszer egyes elemei lehetőség szerint a térben minél közelebb helyezkedjenek el egymáshoz, a szállítási veszteség minimalizálása és a rugalmasság erősítése érdekében. A modern technológiai és informatikai háttérnek köszönhetően olyan automatizmusok és döntéstámogató rendszerek működnek, melyek – szemben a jelenlegi gyakorlattal – minimalizálják a rendszerirányításban a kézi beavatkozások szükségességét (SAIC Smart Grid Team 2006).

Ahhoz, hogy az intelligens energiarendszer megfelelően működjön, a fogyasztói oldalon is magas szintű technológiai háttér szükséges, különben nem beszélhetünk kétoldalú kommunikációról. Az **intelligens fogyasztásmérő berendezések** (smart meters) megléte a tudatos energiafogyasztás alapkövének számít. Ezekkel, és az intelligens háztartási berendezésekkel (smart appliances) az áramfogyasztás további mérséklésére nyílik lehetőség. Egy efféle rendszerben ugyanis a háztartás berendezéseinek egy részének működése is az árakhoz van igazítva, vagyis olyan az időszakban dolgoznak, amikor kedvező az energia ára.

Új filozófia a rendszerszabályozásban: a „rugalmas energiarendszer” dán modellje

Ha a megújuló energiaforrások rendszerbe integrálásáról van szó, ezt általában egy nehezen megoldható problémának érezzük, melyre a szabályozható termelésű, fosszilis háttérerőművek és a drága energiatárolás jelenthet megoldást. Ez valóban így is van, ha a jelenlegi szabályozási és infrastrukturális keretek között gondolkozunk. Dániában azonban egy merőben új hozzáállással találkozhatunk, amely évtizedes, jelenleg is zajló kutatás és gyakorlat eredménye (IDA 2006; Mathiesen, B. V. – Lund, H. – Karlsson, K. 2009; Lund, H. [szerk.] 2011). Ennek alapvető hajtóereje az a 8-ból 7 parlamenti párt támogatását élvező dán kormányzati célkitűzés, mely

szerint 2050-re Dánia 100%-ban megújuló alapú energiarendszert tervez kiépíteni, és ahol már 2030-ig 50%-ra növelnék a szélenergia arányát (Dán Kormány 2011) – ami már jelenleg is meghaladja a 30%-ot. Az ún. *rugalmas energiarendszer* modellje éppen ezt a gyökeres fordulatot teszi lehetővé.



38. ábra: A CEESA (Coherent Energy and Environmental System Analysis) projekt a 100%-ban megújuló alapú dán energiarendszerért: öt egyetem, egy kutatóintézet (Risø), egy energetikai vállalat (DONG Energy), valamint külföldi szakértők részvételével végrehajtott projekt egyik workshopjának résztvevői (köztük az Erre van előre projekt szakértője) (fotó: Munkácsy B.)

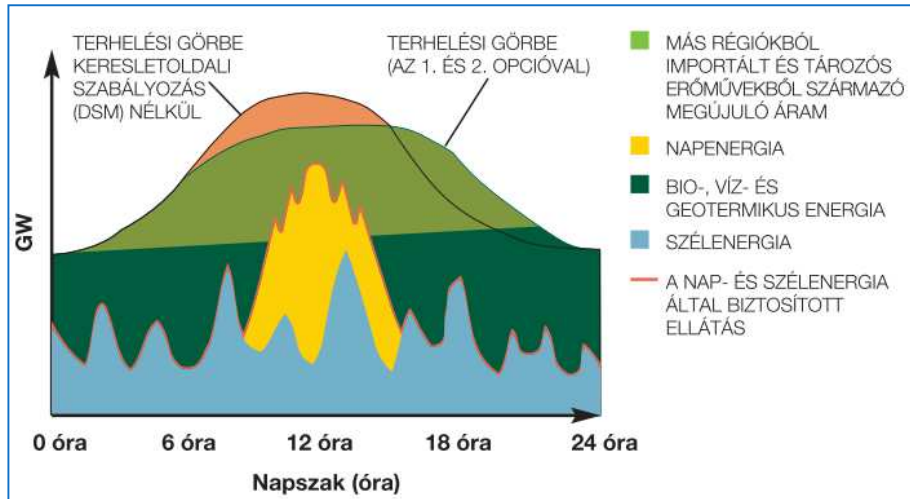
A modell működése alapvetően két ponton tér el a jelenlegi gyakorlattól.

1. pont: Az egyik leglényegesebb változás a rendszerszabályozás filozófiájában és ennek gyakorlati megjelenésében keresendő. A jelenlegi módszertant úgy fogalmazhatnánk meg, hogy „nézd meg, hogy mennyi a fogyasztás, és néhány centralizált, jól szabályozható erőművel termeld meg az igényeknek megfelelő energiamennyiséget.” Ennek ma nem is nagyon van alternatívája, hiszen a kiserőművek a legtöbb esetben nem képviselnek akkora részarányt, hogy érdemben részt vehessenek a rendszerszabályozásban; a megújuló erőművek pedig vagy ide tartoznak,

vagy nem szabályozhatók. Jellemző a rendszerre a „termeljünk minél többet” alapelv is, főleg, ha hazánkban megvalósulnak az új atomerőművi blokkok – ebben az esetben 2027-ben éppen annyi áramot fogunk egy évben exportálni (ha lesz rá vevő a megújuló-alapú áramhoz képest többszörös áron), amennyi az új blokkok termelésével egyenlő (MAVIR RTO 2012).

A mai hazai rendszerben az igények nagy részét a paksi atomerőmű zsinórtermelése fedezi (alaperőművi termelés), ezt jó esetben csak a karbantartó munkálatok idejére kell lecsökkenteni. A fogyasztásnak megfelelő termelést a rendszerirányító a szabályozható (elsősorban gáz) erőművek termelésének, illetve az import-export mennyiségének változtatásával éri el. A nem szabályozható erőművek között vannak a megújulók is, ám ezek jelenleg csak egy kis hányadát képviselik az igényeknek. Egy ilyen rendszerben a megújulók részaránya körülbelül maximum 20-25% lehet (Putte, J. – Short, R. 2011).

A rugalmas energiarendszer ezzel ellentétben a következő módszertannal működik: „nézd meg, mennyi a megújuló alapú energiatermelés, és használj fel, alakíts át vagy tárolj el belőle annyit, amennyit csak tudsz!”. Ez tehát egy erőben más hozzáállást jelent, ahol az energiarendszer legértékesebb eleme a megújuló alapú villamos energia, melyből a kapacitásoknak, a nagy földrajzi eloszlásnak és a különbözően rendelkezésre álló energiaforrásoknak köszönhetően mindig van megfelelő mennyiségű termelés. Sőt, éppen az a probléma, hogy egyes esetekben túltermelés jelentkezik, amellyel a rendszerirányítás nem tudna megküzdeni és a villamosenergia-rendszer összeomlása is bekövetkezhetne, ha nem állnának rendelkezésre új, a rendszer rugalmasságát biztosító szabályozási eszközök és technológiák. Ezek azonban lehetővé teszik, hogy az egész rendszer a megújulók termeléséhez igazodhasson anélkül, hogy a fogyasztók ellátásában érezhető minőségi változás következne be. A rendszer alapelve tehát a „termeljünk csak megújulókkal, de kevesebbet”.



39. ábra: A villamosenergia-rendszer sematikus terhelési görbéje a rugalmas energiarendszer koncepciója szerint (Putte, J. – Short, R. 2011)

A fenti ábrán látható terhelési görbét a jelenlegi gyakorlathoz képest sokkal „kaotikusabban” töltik fel a különböző termelők, azonban ez esetben már 100%-ban megújuló forrásokról beszélhetünk! Az időjárástól függő, azonban inkább napközben elérhető nap- és szélenergia adja tehát az áramtermelésnek azt az alapját, melyet a jobban szabályozható biomassza-, víz- és geotermikus energia egészít ki a fogyasztók igényének megfelelően. Ez azonban általában nem elég; a keresletoldali szabályozás, a régiók (vagy országok) közötti import-export és az energiatározás azonban szükséges ahhoz, hogy zavartalanul biztosítsa a villamosenergia-igényeket, méghozzá fosszilis tüzelőanyagok és atomerőművek használata nélkül.

Mielőtt az energiarendszer szükséges infrastrukturális és technológiai változtatásait áttekintenénk, egy nagyon fontos rendszerszabályozási eszközt ki kell emelnünk. Ez pedig a kapcsolt erőművek leszabályozhatósága. Ez a rendszerszabályozási eszköz egyszerre növeli az ellátásbiztonságot, az

erőforrás-takarékosságot és a megújuló energiaforrások átalakíthatóságának lehetőségét. Gyakorlati példát a következő bekezdésben láthatunk. Annyit azonban már előre érdemes megemlíteni, hogy Dániában gazdasági számításokkal is meghatározták, hogy pl. milyen mértékű szélenergia-termelés esetén érdemes egyes kapcsolt erőműveket leszabályozni úgy, hogy a rendszer szempontjából még úgy is nyereséges legyen ez a lépés, hogy az adott erőművek a kiesett termelésért kárpótlást kapnak (Hvelplund, F. 2011).

2. pont: A második fontos eltérés az alkalmazott technológiák rendkívül széles tárháza, melyek lehetővé teszik a különböző energiafajták (elsődleges vagy másodlagos; villamos energia vagy hő) egymásba való átalakítását és tározását – mindig az adott szituációnak megfelelően. Lund, H. (2011) koncepciója szerint a következő technológiák vehetnek részt a rugalmas energiarendszerek működtetésében:

- ipari és lakossági hőtározók (néhány órától a szezonálisig);
- ipari bojlerok (villamos energiával vízmelegítés);
- hőszivattyúk;
- elektromos kályhák;
- jégtárolós hűtési megoldások;
- elektromos kerékpárok, robogók, autók;
- sűrített levegős energiatározók (CAES);
- szivattyús tározók;
- hidrogén termelés és tározás;
- hagyományos akkumulátorok.

A megújuló alapú hő- és villamosenergia-termelő egységeket nem soroltuk fel, hiszen egy 100%-ban megújuló alapú rendszer esetében azt feltételezzük, hogy ezek a lehető legnagyobb földrajzi és technológiai diverzitással vannak jelen, méghozzá olyan kapacitásokkal, amelyek az év minden órájában biztosítják a megfelelő mennyiségű és típusú energiák előállítását. A probléma, melynek megoldásában a rugalmas energiarendszerre van szükség

elsősorban túltermelés esetén áll fenn. Hogy hogyan vesznek részt ezek a technológiák a hatékony rendszerszabályozásban, arra az alábbi példákat említhetjük:

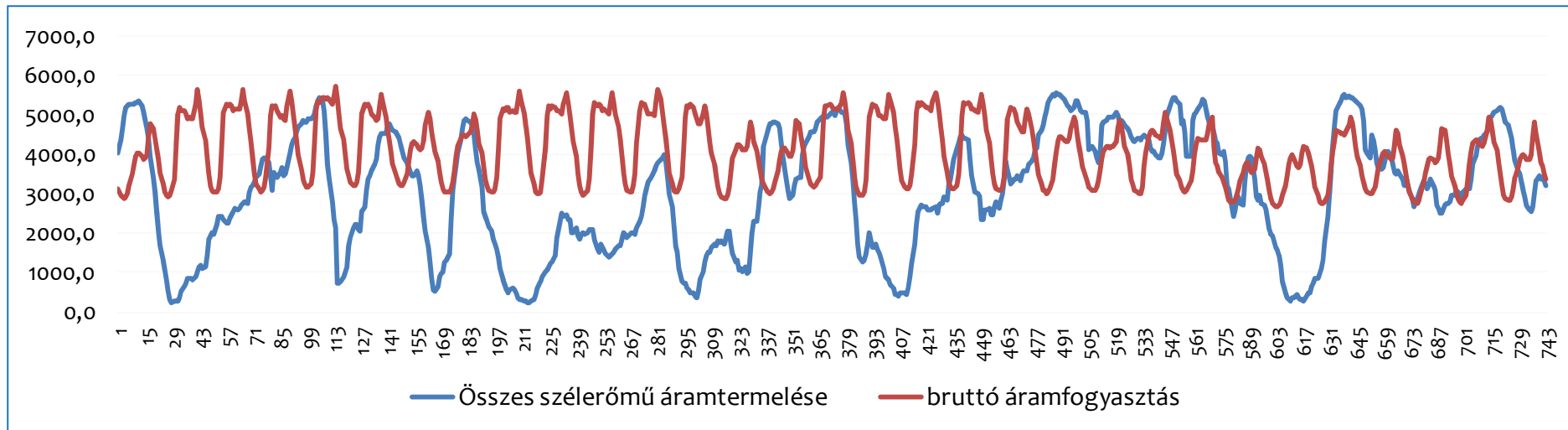
1. eset: hideg téli nap, nagy hőigénnyel; délután az egész országban jelentős széllelkések:

A fokozódó szélergia-termelés következtében sorra állnak le a kis, decentralizált biogáz- vagy biomassza-tüzelésű kapcsolt erőművek. Ezen erőművek leállása azonban nem csak a villamos-, de a hőenergia-termelés leállítását is jelenti, utóbbira azonban változatlan az igény! Ilyenkor nyúlnak a leállított erőművek hőenergia-tározóihoz (melyek gyakorlatilag már ma is hozzátartoznak az erőművekhez Dániában), melyekből zavartalanul tudják biztosítani a hőigények ellátását. Ha azonban a tározó nem volt feltöltve, vagy időközben kimerül, a – szintén az erőmű részét képező – ipari méretű bojlerrel vagy hőszivattyúkkal oldják meg a termelést. És mivel ezek villamos energiát használnak hőenergia előállításához, hatékonyan tudják csökkenteni az esetleges villamosenergia-túltermelést. Ha még ez sem lenne elég, vagy a magas hőigények nem teszik lehetővé a kapcsolt erőművek nagymértékű leállítását, az elektromos autók okos töltési rendszere (ún. smart charge) lehetővé teszi azt, hogy a hálózatra kapcsolt járművek az ilyen időszakokban töltődjenek fel, megoldva a felesleges árammennyiség hasznosítását.

2. eset: meleg nyári nap, kis hőigénnyel; az egész országban felhőtlen idő, erős napsütés:

Ez esetben cél a napelemek által termelt nagy mennyiségű villamos energia felhasználása. Ilyenkor az első lépés szintén a kapcsolt erőművek leszabályozása, mely az alacsony hőigényeknek köszönhetően nem jelenthet komoly problémát. Amennyiben így nem sikerült az igényeket és a termelést kiegyenlíteni, az áramot elsősorban elektromos autók akkumulátorában, másodsorban egyéb tározási módszerekkel: szivattyús tározók, CAES, hidrogéntermelés stb. lehet későbbre tárolni, vagy esetleg hőenergiává átalakítani és ilyen formában tartalékolni.

A dán kutatások a fenti rendszerek működőképességét órás felbontású, az időjárás változásait is magában foglaló szimulációkkal elemzik, illetve további átalakítási lehetőségeket kutatnak (pl. biogázból üzemanyagtermelés, szintetikus üzemanyagok előállítása), bővítve a felhasználható átalakítási pontok számát. A fentiek tükrében talán már nem is csodálkozunk a dán villamosenergia-rendszert nyomon követő „energinet.dk” 2014. januári bejelentésén, amely szerint az előző év decemberében a szélerőművek a dánok áramigényének átlagosan 57,4%-át biztosították (Energinet 2014)!



40. ábra: A szélerőművek hozzájárulása (MW) a dán áramigények kielégítéséhez (2013. december) (az energinet.dk adatai alapján szerk.: Munkácsy B.)

Az energiarendszer sarokköve, a tárolás: lehetőségek és kihívások

A jövőben egyre fontosabbá váló energiátárolás esetében öt igen fontos szempont határozza meg az alkalmazás mikéntjét, technológiáját:

- a) mennyi ideig (másodperces léptéktől egészen a szezonális léptékig);
- b) mekkora mennyiségben;
- c) milyen formában van szükség az energia tárolására;
- d) mekkora a tárolás során fellépő energiaveszteség mértéke;
- e) de a gyakorlat szempontjából igen lényeges az élettartam és ezzel összefüggésben az időegységre vetített költség is.

Azokban az országokban, ahol komolyan foglalkoznak a megújuló energiaforrások rendszerbe integrálásával, ott komoly kutatási programokat

finanszíroznak az energia tárolásának megoldására. Az alábbiakban a lehetséges megoldások közül néhány fontosabbat kiemelten is bemutatunk.

A villamos energia tárolása

A szivattyús energiátároló (SZET)

A szivattyús energiátároló működési elve egy alsó és felső víztározón alapszik, amelyek között bizonyos mértékű eséskülönbség található. A felső tározóba felszivattyúzott vizet a villamos rendszer áramigénye esetén egy turbinán keresztül eresztik vissza az alsóba, villamos energiát termelve. A SZET által eltárolt energia felhasználása alapesetben a csúcsideszakban jellemző, amikor a termelési kapacitások szűkösebben tudják kielégíteni a lakosság megnövekvő igényeit. A gyorsan, 60-70 másodperc alatt akár

csúcsteljesítményt elérve mobilizálható mozgási energiából a felszivattyúzáskor befektetett villamos energia 65-75%-át lehetséges visszanyerni (Kádár P.- Vajda I. 2010). Bár a befektetett energia egy része elvész, azt is szem előtt kell tartani, hogy a felszivattyúzás az éjszakai mélyvölgyben történik, így az akkor befektetett értéktelenebb, olcsóbb áram a nappali felhasználáskor jóval többet fog érni. Mindezen túl a *szivattyús energiatározó elősegíti, hogy ne kelljen leszállítani az egyes termelőket a mélyvölgyi időszakban.*

Egy ilyen tározó teljesítménye a néhány MW-tól a több százig is terjedhet, vagyis kifejezetten nagy teljesítményű, nagyerművi léptékben is alkalmazható. Viszont ne feledkezzünk meg arról, hogy egy nagyobb tározó megépítése és fenntartása hatalmas energia- és anyagigényt feltételez, a tájkép-, és természetátalakításról nem is beszélve. Ebből következően egy nagy kapacitású SZET túlmutat a decentralizált rendszerek környezetközpontú filozófiáján. Ugyanakkor környezet-, természetvédelmi, tájatalakítási szempontból az úgynevezett mikroSZET-ek és azok rendszerei (max. 5-10 MW beépített teljesítménnyel) kis kockázatot jelentenek – megfelelő területi tervezés és kivitelezés esetén. Ezeknek kulcsfontosságú szerepet tulajdonítanak például a szélfarmok rendszerbe integrálásában az arra alkalmas térségekben (Kádár P.- Vajda I. 2010).

A lendkerék

Esetükben a villamos energia változó fordulatszámú, nagy tömegű forgórész mozgási energiájában tárolódik; töltése, illetve kivétele mágneses elven történik. Az energiatárolás hatékonyságának mértéke a technológia függvényében 68-90% közötti (Kohári Z. 2010). Jellemzően hosszú életű, az élettartam folyamán nincs kapacitás-csökkenés. Teljesítménysűrűsége a rendszer szintjén vizsgálva alacsonynak tekinthető. Használata alapesetben kisebb, például háztartási léptékben képzelhető el, de modulárisan

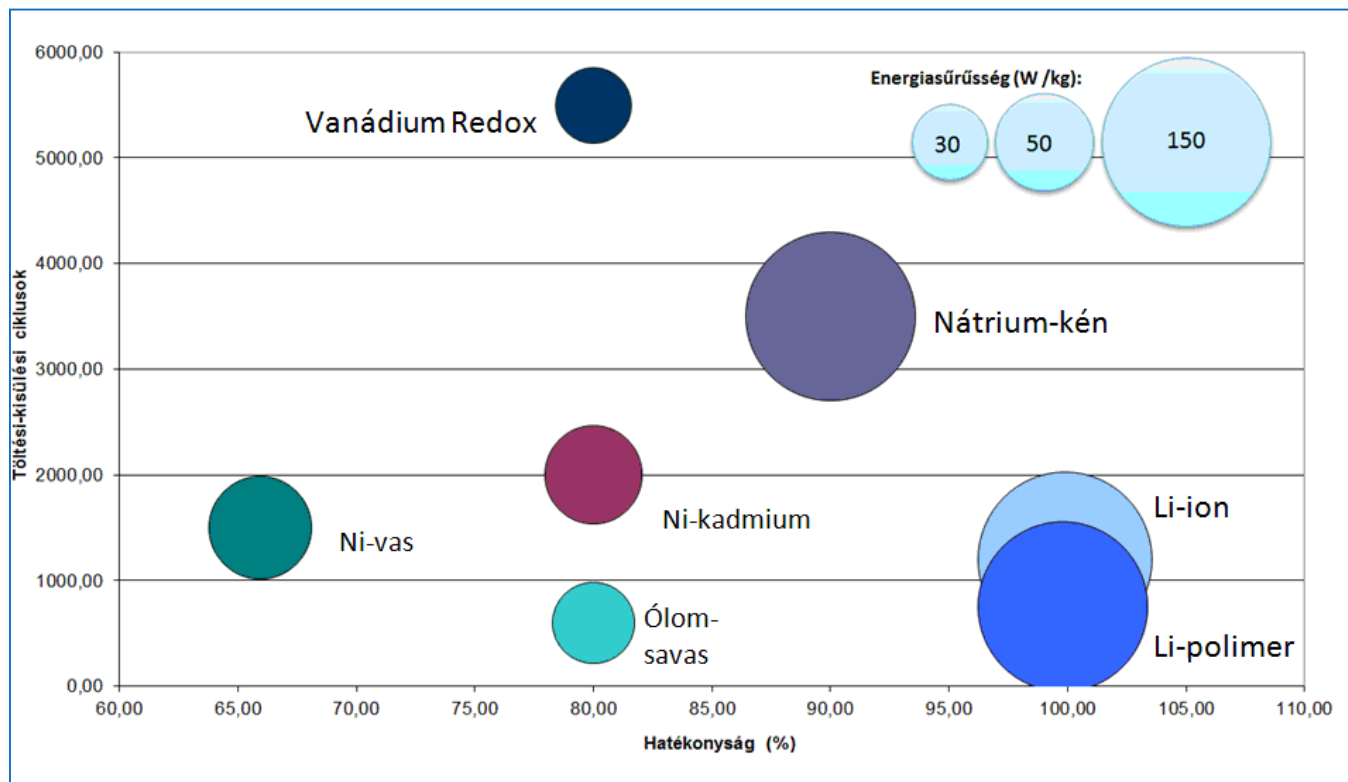
összeépítve már 20 MW-os rendszerek megvalósításán dolgoznak (Wang, U. 2013).

Az akkumulátorok

Az akkumulátorok az utóbbi időben hatalmas fejlődésen mentek keresztül, egyre növekvő egységteljesítménnyel és energiasűrűséggel rendelkeznek. A tárolás napi vesztesége általában jóval 1% alatt marad. Bár a megoldás mindaddig – a ritka alapanyagok és a viszonylagos rövid élettartam miatt – a drága megoldások közé tartozott, az elkövetkező néhány esztendőben a legtöbb szakértő áttörést és radikális árcsökkenést vár ezen a fronton: 2020-ra, vagyis alig öt év alatt a költségek 50%-os zuhanását prognosztizálják (Voelcker, J. 2012). Hulladékként rendkívül környezetszennyezők lehetnek, így hasznos élettartalmuk lejártával különös figyelmet kell fordítani visszagyűjtésükre és újrafeldolgozásukra – ehhez általában a szükséges technológia már rendelkezésre áll.

A számtalan különböző megoldás közül napjainkban az ólom-savas akkumulátorokat szokták alkalmazni (ma már akár 10 MWh-s teljesítménnyel), emellett a nikkel-kadmium és a lítium-ion akkumulátorok rohamos terjedése figyelhető meg – alapesetben kis léptékű rendszerekben. Egyes megoldásoknál, így a nátrium-kén, illetve a folyékony-REDOX akkumulátorok esetében az erőművi léptékű hasznosítás is elképzelhetőnek tűnik (Shigematsu, T. 2011).

A tudósok nagy reményeket fűznek az ún. VRB (Vanadium Redox Battery Energy Storage System) tárolási lehetőséghez, amely egy olyan elektrokémiai rendszer, ahol kénsavban oldott vanádium segítségével történik az energiatárolás. Jelenleg a néhány kW-tól a több tíz MW-ig terjedő teljesítménnyel rendelkezik, határfoka 65-75% között mozog, az önkisülés mértéke alacsony (Kádár P.-Vajda I. 2010).



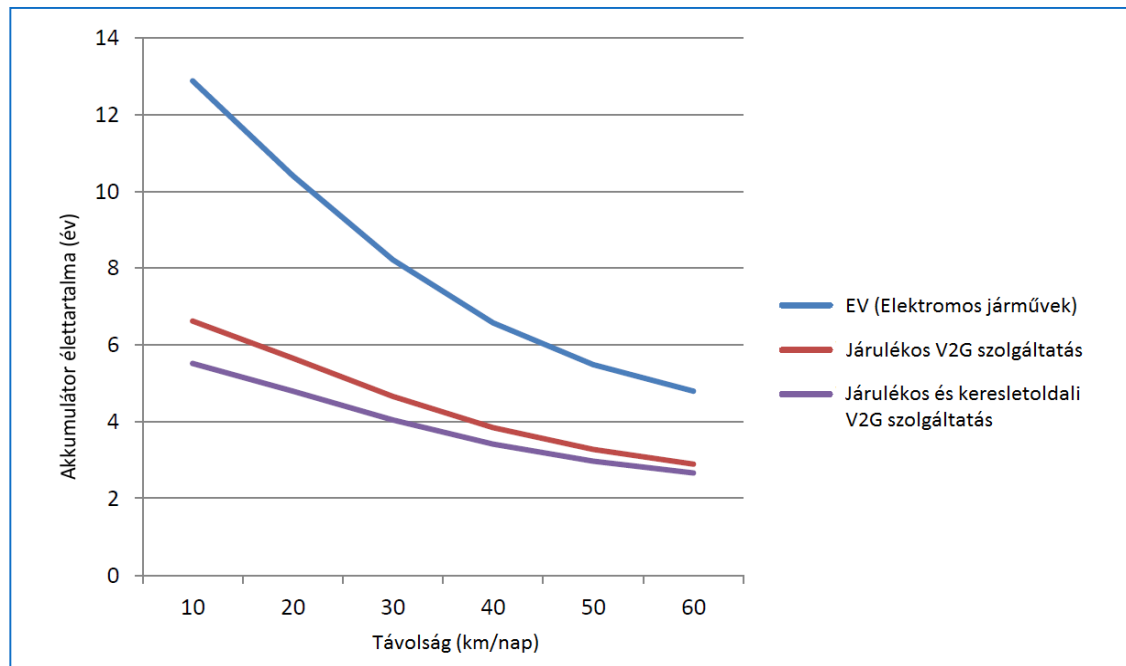
41. ábra: Az egyes akkumulátorfajták összehasonlítása az energiátárolás szempontjából leglényesebb paraméterek alapján (Lawson, B. alapján é.n.)

Az akkumulátorok energiátárolásának témaköréhez tartozik a V2G (Vehicle to Grid – „autót a hálózatra”) koncepció, amely szerint a jövő energiarendszerében a villamos energiával való gazdálkodás és a közlekedés között – a kölcsönös előnyök jegyében – szoros együttműködés lesz szükséges. A járművek hasznos időtartalmuk csaknem 95%-át ugyanis üzemen kívül töltik, illetve a legforgalmasabb órákban sem kerül a járműpark

1/5-énél több üzembe (Wu, Q. 2013). Felmerül tehát a kérdés, miért ne próbálnánk meg mobilitásunk tárgyának egy fontos másodlagos funkciót is adni, vagyis az áram időben igen jól szabályozható vételezése és felhasználása mellett lehetővé tenni azt, hogy szükség esetén az akkumulátorokból villamos energiát kaphasson vissza a rendszer – letörve ezzel a termelési csúcspontokat? Természetesen fontos tisztázni, hogy pontosan

mikor, milyen mértékben támaszkodhat az autókra a villamosenergia-rendszer, hogy azzal ne gátolja a járműhasználatot. Ne feledjük azt sem, hogy az elektromos alapú közlekedés jelentős energiafogyasztóként jelenik meg a keresletoldalon, ezért érdemes odafigyelni a töltési szokások szabályozására, hogy az minél kisebb nehézséget jelentsen a villamos rendszer működtetésében (Canet, A. et al. 2011). Mindazonáltal az elektromos autó sokak szerint már 10-15 éves távlatban elterjedhet, és a keresletoldali szabályozás lényeges kellékévé válhat (Voelcker, J. 2014). Előnye tehát, hogy

a V2G koncepcióban működtetve az elektromos autó akkumulátora nem csak áramot vételez, de gyorsan elérhető energiaforrást is kínál, ezáltal megoldást jelent a lokális termelésben és fogyasztásban fellépő zavarok kiküszöbölésére, elősegíti a nagyobb fokú rugalmasságot, és a helyi, időjárásfüggő megújuló erőforrásokra való támaszkodást. A megoldás egyik hátránya, hogy az energiával való mobilis gazdálkodás megterhelő a jelenleg elterjedten alkalmazott Li-ion akkumulátorokra, és csökkenti azok élettartamát (Canet, A. et al. 2011). De érdemes azt is megemlíteni, hogy a



42. ábra: Az akkumulátorok élettartalmának összehasonlítása az EV és a V2G esetében a jelenlegi akkumulátortechnológia figyelembe vételével (Canet, A. et al. 2011)

jelenlegi akkumulátortechnológiát figyelembe véve egyelőre pénzügyi szempontból is léteznek sokkal takarékosabb technológiák, amelyek a többlettermelés tárolására alkalmasak (Allen, P. [szerk.] 2013).

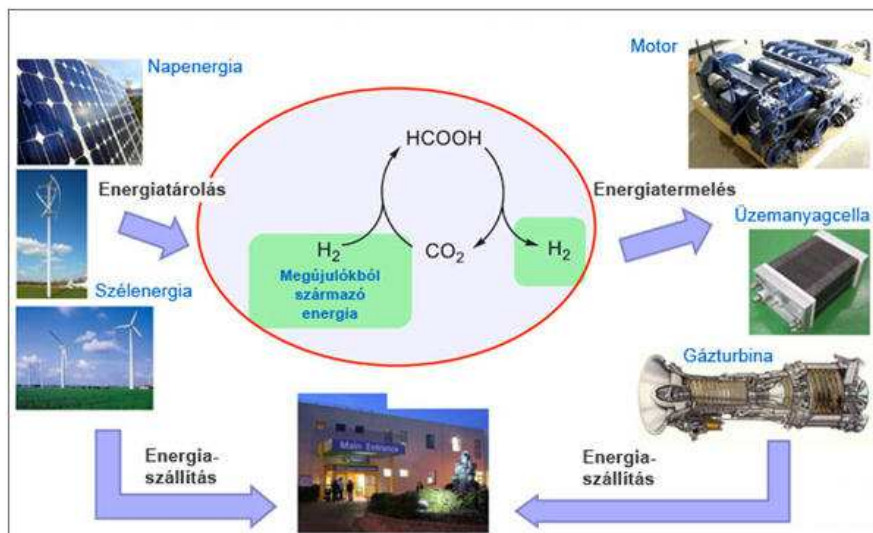
A sűrített levegős tározás (CAES - Compressed Air Energy Storage)

A sűrített levegős energiatárolás lényege, hogy amikor elegendő elektromos áram áll rendelkezésre a rendszerben, így az ára alacsony, a felesleges árammal egy kompresszort működtetnek. A kompresszor nagy nyomással (~50 bar) egy tározóba sajtolja a levegőt, amit aztán az alacsony energiatermelési időszakban, például szélcsendes időben, fokozatosan kiengednek, és ezzel hajtják meg a turbinákat, melyekkel áramot termelhetnek vissza a rendszerbe. A technológia elvileg már ma is rendelkezésünkre áll, de nagy méretekben működő hatékony rendszer és a működtetése alatt szerzett gyakorlati tapasztalatok még nem kifarrottak. Az első komolyan tekinthető földalatti tározót (Huntorf CAES Plant) Németországban alakították ki 1978-ban. A 310 000 köbméteres tározó 600 méter mélyre nyúlik és névleges teljesítménye 290 MW, amit 2 órán át tud biztosítani a csúcsidőszaki áramigények kielégítésére. A tároló egy gázturbinás erőműrendszer részeként valósult meg. Azonban nem csak hagyományos erőforrásokat lehet egy ilyen méretű energiatárolóra kapcsolni, hanem a szakaszosan jelentkező megújulókból származó elektromos áramot is. Egy ilyen rendszer kiépítését tervezik az Amerikai Egyesült Államok nyugati partján, Kalifornia államban. Ennek névleges teljesítménye 300 MW lesz, és a közeli Tehachapi szélfarmon (2012) előállított 4500 MW beépített teljesítménnyel termelt áram rendszerbe integrálását segíti majd (EPRI 2011). Egy kisebb, 2,4 GWh kapacitású, 150 MW teljesítményű rendszer létrehozásán fáradoznak az ország északkeleti térségében, New York államban, amely 16 órán át lesz képes sűrített levegővel áramot termelni – ugyancsak szélerőművekre alapozva.

A hidrogén alapú energiatárolás

A hidrogén a periódusos rendszer első és leggyakoribb kémiai eleme, a víz és a legtöbb szerves vegyület alkotója. Ipari méretekben, vízgőz és földgáz reakciójából nyerik, de előállítható a víz elektrolízisével is. Az elektrolízis során lényegében elektromos áramot vezetünk a vízbe és a pozitív töltésű anódon fejlődik a hidrogén gáz (a katódon oxigén). Ezt a reakciót alapul véve, az időszakosan jelentkező felesleges árammal hidrogén gáz fejleszhető desztillált vízből. Ezzel a módszerrel tehát szükséges az elektromos áram tárolásával bajlódni, hanem egy másik másodlagos energiahordozót nyerünk, melyből aztán hő és elektromos áram is kinyerhető.

A kérdés már csak az, hogy milyen módon tároljuk ezt az energiaforrást? A jelenleg legerjedtebb módszer szerint nagy nyomású palackokban vagy -252 °C alá hűtött kriogén tartályban tárolják folyékony állapotban. Nem szabad megfeledkeznünk azonban arról, hogy a gáz nyomás alá helyezése vagy ilyen mértékű lehűtése is jelentős energiafelhasználással jár. Az újabb technológiáknál már nem elemi formában próbálják tárolni a hidrogént, hanem más anyagokhoz (fémek, szerves vegyületek, stb.) kapcsoltan, fémkomplexeket alkotva, melyekből kis energia befektetéssel, nagy mennyiségű elemi gáz szabadítható fel. Egyszerű szénvegyületek, mint a **hangyasav** (HCOOH), a **metanol** (CH₃OH) és a **metán** (CH₄) is képes megkötni hidrogén atomokat, így egy sokkal biztonságosabb és természetesebb útja nyílna meg a hidrogén alapú energiatárolásnak. Itt a biztonságos tárolás megtervezése és üzemeltetése természetesen kulcskérdés.



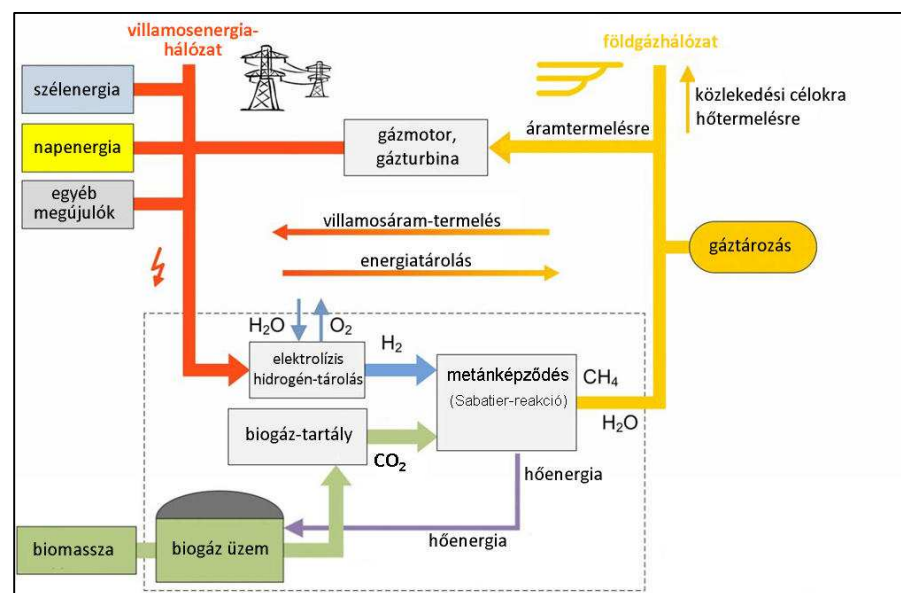
43. ábra: A hangyasav felhasználása az energia tárolásában (Boddien, A. 2011 nyomán)

Az előbbieken felsorolt metanol a pusztán energiátároló funkció túl egy sokkal több lehetőséget tartogató megoldás alapja is lehet a jövőben, melyet **metanolgazdaságnak** neveznek. Ennek lényege, hogy a hidrogénnél összetettebb molekula, a metanol/faszés (CH₃OH) tárolja az energiát folyékony üzemanyag formájában, melyet aztán többféle módon is felhasználhatunk. A metanol és a dimetil-éter üzemanyagként való felhasználása a közlekedési szektorban mind belsőégésű motorok, mind az üzemanyagcellák új generációja, a DMFC² számára lehetőséget kínál. Ipari nyersanyagként etilén és/vagy propilén előállítására használható (Oláh Gy. et al. 2006).

² Direct Methanol Fuel Cell: folyadék-üzemanyagú, közvetlen oxidációs, metanolos üzemanyagcella.

A növények a fotoszintézis bonyolult folyamatában lényegében ugyanazt csinálják, mint az emberek gépek segítségével, a legszembetűnőbb különbség azonban az, hogy amíg az ember alkotta gépek tönkremennek, ha nem tartjuk karban őket, addig a természeti rendszerek akkor lendülnek csak igazán működésbe, ha az emberek nem próbálják meg irányítani ezeket.

Jelentős kutatások irányulnak a hidrogén tüzelőanyagként hasznosító **üzemanyagcellák/tüzelőanyagcellák** fejlesztésére és alkalmazására is, melyek segítségével villamos- és hőenergia nyerhető.



44. ábra: A metán, mint villamos áramból nyert másodlagos energiahordozó (szerk.: Kimmel, M. 2011 alapján Munkácsy B.)

A hőenergia tárolása

A hőtárolás lehetőségei valamivel egyszerűbben kivitelezhető technológiákkal megvalósíthatók, mert az eltárolt energia mennyisége leginkább egy egyszerű fizikai tulajdonságtól, a hőtároló közeg tömegétől függ. Az elektromos áram akkumulátorokban tárolásával szemben előnyös tulajdonsága, hogy míg ezeknél a tárolható energia volumene a térfogattal lineárisan növekszik, vagyis egy kétszer akkora helyen kétszer akkora energiamennyiség tárolható, addig a hőenergiánál ez az összefüggés exponenciális függvényhez hasonló, tehát a kétszer akkora hőtároló esetén, akár nyolcszoros is lehet a tárolt energia mennyisége.

A megújuló energiára támaszkodó hőtároló rendszereket minimum 200-300 literes kivitelben, szigeteléssel ellátva kell kiépíteni a veszteségek lehető legkisebb szintre szorítása érdekében. Ennél lényegesen nagyobb léptékekben szükséges gondolkodni, ha hosszútávon szeretnénk hőt tárolni. A nyári időszakban bőségesen áll rendelkezésre hőenergia, de a téli időjárás már nem biztos, hogy elegendő hőt tud adni, ezért szükséges a szezonális tárolás lehetőségének felmérése és kiépítése, a téli hőigény takarékos biztosítása. Hamburg egyik külvárosában, **Braamwisch**ban például a lakóépületek sokaságára felszerelt, összesen mintegy 3000 m²-es napkollektorfelületről egy közös, 4500 m³-es földalatti hőtárolóba gyűjtik a hőenergiát, ami télen a távfűtés nagyobb részét képes biztosítani a lakóknak. Ezzel a módszerrel nem kell minden háztartásnak külön kiépíteni a költséges és sok helyet foglaló tározó kapacitásokat és a téli hidegben is jelentősen csökkennek a fűtési kiadások.

A forró víz mellett a másik kézenfekvő lehetőség a nagy tömegű építőanyagokban, így például téglában (samott-téglában) tárolni a hőenergiát – ezt használja ki a passzív napenergia-hasznosítás vagy a cserépkályhák, tömegkályhák sokasága is.

Ipari léptékben ma már sóoldatokban is tárolnak hőenergiát. Az elmúlt években több olyan naperőművet is üzembe helyeztek, amelyek szerencsés esetben akár folyamatosan, napi 24 órán keresztül képesek áramot biztosítani. 2009-ben, a spanyolországi **Guadix** városának közelében helyezték üzembe az első ilyen rendszert, amely Na-nitrát (60%) és K-nitrát (40%) olvadt só hőtároló segítségével termovillamos áramtermelést folytat.

Felhasznált irodalom

Allen, P. [szerk.] (2013): Zero Carbon Britain – Rethinking the Future. Centre for Alternative Technology. 214 p.

Benkő Zs.- Pitrik J. (2011): Energetika – Energiamenedzsment (digitális tananyag) http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021_Energiamenedzsment/adatok.html

Bessenyei T. (2007): Kommunikáció az intelligens háztartási készülékekkel, Intelligens energiarendszerek konferencia 2007. 8 p. http://conf.uni-obuda.hu/energia2007/7_BessenyeiTamas.pdf

Boddien, A. (2011): Efficient Dehydrogenation of Formic Acid Using an Iron Catalyst. Science 23 September 2011: 1733-1736. [DOI:10.1126/science.1206613]

Braun, M. (2009): Virtual Power Plants in Real Applications – Pilot Demonstrations in Spain and England as part of the European project FENIX. 6 p. http://www.iwes.fraunhofer.de/de/publikationen/uebersicht/2009/virtual_power_plants_in_real_applications-pilot_demonstrations_in_spain/_jcr_content/pressrelease/linklistPar/download/file.res/Virtual%20Power%20Plants%20in%20Real%20Applications%20-%20Pilot%20Demonstrations%20in%20Spain%20and%20England%20as%20part%20of%20the%20European%20project%20FENIX.pdf

Canet, A. - Githii P. – Guillamet, T. – Konstas, S. - Sáfián F.(2011): Feasibility Study of the Introduction of Electric Vehicles in Samsø, Aalborg University 79 p.
<http://zoldtech.hu/cikkek/20120614-Samsø/dokumentumok/Feasibility%20Study.pdf>

Chu, J. (2013): New rechargeable flow battery enables cheaper, large-scale energy storage; <http://web.mit.edu/newsoffice/2013/rechargeable-flow-battery-enables-cheaper-large-scale-energy-storage-0816.html>

CSI (2013): Energy Democracy: Community-Led Solutions – Three Case Studies. Center for Social Inclusion, 57 p.
<http://www.centerforsocialinclusion.org/ideas/energy-democracy/>

Dán Kormány (2011): Energy Strategy 2050 – from coal, oil and gas to green energy. – The Danish Government, Copenhagen, 2011, 65 p.
<http://www.denmark.dk/NR/rdonlyres/2BD031EC-AD41-4564-B146-5549B273CC02/0/EnergyStrategy2050web.pdf>

Energinet (2014): 2013 was a record-setting year for Danish wind power.
<http://energinet.dk/EN/EI/Nyheder/Sider/2013-var-et-rekordaar-for-dansk-vindkraft.aspx> (a dán villamosenergia-rendszer irányítójának honlapja)

EPRI (2011): ARRA Stimulus Funding for Advanced CAES Demo Plants: Update. In: CAES Demonstration Newsletter, January 2011; EPRI (Electric Power Research Institute). Elérhető:
<http://www.epri.com/abstracts/Pages/ProductAbstract.aspx?ProductId=000000000001020899>

Faruqi, A. (2010): Demand Response and Energy Efficiency: The Long View, presentation to Goldman Sachs Tenth Annual Power and Utility Conference, The Brattle Group.

Fellay, C. – Dyson, P.J. – Laurency G. (2008): A Viable Hydrogen-Storage System Based On Selective Formic Acid Decomposition with a Ruthenium Catalyst, *Angewandte Chemie*

Global Smart Grid Federation (2012): 2012 Report 44 p.
http://www.smartgrid.gov/sites/default/files/doc/files/Global_Smart_Grid_Federation_Report.pdf

Grabner P. (2007): Háztartási kiserőművek és a villamos energia törvény keretei, *Intelligens energiarendszerek konferencia 2007.* 5 p.
http://conf.uni-obuda.hu/energia2007/3_GrabnerPeter.pdf

Haddad R. – Morva Gy. – Szén I. (2007): Smart Metering, *Intelligens energiarendszerek konferencia 2007*, 10 p.
http://conf.uni-obuda.hu/energia2007/11_HaddadRichard.pdf

Helms, M. (2013): The lessons of smart grid test in Boulder.
<http://finance-commerce.com/2013/04/the-lessons-of-smart-grid-test-in-boulder/>

Hlavay R. (2006): Ez volt a Nagy Európai Áramszünet, vagy csak az előszele? Internet:
<http://energiainfo.hu/>

Hvelplund, F. (2011): Wind power ownership. – Az Aalborgi Egyetem Environment and Energy Policy kurzusán elhangzott prezentáció. Aalborg, 2011. 02. 10., 23 dia

IDA (2006): Danish Society of Engineers' Energy Plan 2030. –Ingeniørforeningen i Danmark, 2006, 65 p.
Elérhető: ida.dk/sites/climate/introduction/Documents/Energyplan2030.pdf

International Energy Agency (2011): Technology Roadmap: Smart Grids 52 p.

Kádár P., Vajda I. (2010): A villamosenergia-rendszer stratégiai kérdései, *Köztestületi Stratégiai Programok*, Budapest 41 p.

Kenney, B. (2007): Pacific Gas and Electric Company Energizes Vehicle-to-Grid Technology; <http://www.industryweek.com/environment/pacific-gas-and-electric-company-energizes-vehicle-grid-technology>

Kimmel, M. (2011): From Wind and Sun to Gas: Fraunhofer's "Renewable Methane" Energy Storage Technology.

<http://blogs.worldwatch.org/revolt/is-%E2%80%9Crenewable-methane%E2%80%9D-energy-storage-an-efficient-enough-option/>

Kimpián A. (2005): Villamosenergiarendszer-összeomlások Észak-Kelet Amerikában és Olaszországban 2. rész in: Villamos Energia, 98. 3. pp. 86-89.

<http://www.omikk.bme.hu:8080/cikkadat/bitstream/123456789/829/1/2005.03bo15.pdf>.

Kohári Z. (2010): Szupravezetős csapágyazású, kompakt lendkerekes energiatároló optimalizálása, PHD-értekezés, 141 p.

http://www.omikk.bme.hu/collections/phd/Villamosmernoki_es_Informatikai_Kar/2011/Kohari_Zalan/ertekezes.pdf

Lawson, B. (é.n.): Batteries and Other Energy Storage Devices. http://www.mpoweruk.com/battery_types.htm; 2014. 01. 24.

Lund, H. (2011): Technical Energy System Analysis and Policy Design. – Az Aalborgi Egyetem Technical Energy System Analysis and Policy Design kurzusán elhangzott prezentáció. Aalborg, 2011 február, 63. dia

Lund, H. (szerk.)(2011): Coherent Energy and Environmental System Analysis. Aalborg University, 90 p. http://www.ceesa.plan.aau.dk/digitalAssets/32/32603_ceesa_final_report_samlet_02112011.pdf

Mathiesen, B. V. – Lund, H. – Karlsson, K. (2009): IDA's Climate Plan 2050: Background Report. – The Danish Society of Engineers, Copenhagen, 2009, 191 p. <http://ida.dk/omida/laesesalen/Documents/UK-Future%20Climates%20Background%20Report.pdf>

MAVIR RTO (2012): A Magyar Villamosenergia-rendszer közép- és hosszú távú forrásoldali kapacitásfejlesztése 2012. Budapest. 86 p.

http://www.mavir.hu/documents/10258/15461/Forr%C3%A1selemz%C3%A9s_2012.pdf/afac965c-b567-4738-af14-847a94013532

MEKH-MAVIR (2012): A magyar villamosenergia-rendszer (VER) 2012. évi statisztikai adatai. Budapest. 64 p.

MTI (2012): Százan halhattak meg a 2003-as New York-i áramszünet miatt. Internet: <http://www.hvg.hu/>

Naplopó (2012): Napkollektoros rendszerek - általános ismertető. Naplopó Kft. Budapest. 8 p.

<http://naplopo.hu/letoltes/napkollektoros-rendszerek.pdf>

Oláh Gy. - Goepfert, A. – Prakash, S. (2006): Kőolaj és földgáz után: A metanolgazdaság, Better Kiadó, Budapest, 369 p.

Perczel Gy. (2003): Magyarország társadalmi-gazdasági földrajza. Budapest ELTE Eötvös Kiadó. 640 p.

Putte, J. – Short, R. (2011): Hálózatok harca. Miért nem fér meg együtt az atomenergia és a megújulók? 2011. évi jelentés. Greenpeace. 32 p.

SAIC Smart Grid Team (2006): San Diego Smart Grid Study Final Report 185 p. http://www.sandiego.edu/documents/epic/061017_SDSmartGridStudyFINAL.pdf

Shigematsu, T. (2011): Redox Flow Battery for Energy Storage. In: SEI Technical Review 73 évf. pp.4-13.

Swiss Federal Statistical Office (2006): Switzerland's ecological footprint - A contribution to the sustainability debate. 56 p.

Szuppinger P. (2000): Decentralizáció a világ energiarendszereiben. In: Tér és Társadalom XIV. évf. 2-3. pp. 173-182.

Teske, S. (2011): Progresszív Energia[Forradalom] Greenpeace International – EREC 112 p.
http://www.greenpeace.org/hungary/Global/hungary/informes/up_files/1321950799.pdf

WADE (2014): What is DE? In: http://www.localpower.org/deb_what.html – World Alliance for Decentralized Energy

Veisse I. (2004.): A decentralizált energiatermelés növekedési lehetősége a világon, az európai és a magyar kihatások. In: Magyar Energetika 2004/4. szám pp.11-22.

Voelcker, J. (2012): How Much And How Fast Will Electric-Car Battery Costs Fall?
http://www.greencarreports.com/news/1074183_how-much-and-how-fast-will-electric-car-battery-costs-fall

Voelcker, J. (2014): Electric Cars & Solar: Will They Make Gasoline & Utilities Obsolete?
http://www.greencarreports.com/news/1089876_electric-cars-solar-will-they-make-gasoline-utilities-obsolete

Wang, U. (2013): Beacon Power To Build A Flywheel Plant To Keep The Grid In Good Health <http://www.forbes.com/sites/uciliawang/2013/06/18/beacon-power-to-build-a-flywheel-plant-to-keep-the-grid-in-good-health/>

Wu, Q. (2013): Grid Integration of Electric Vehicles in Open Electricity Markets, 306 p.

5.2. Az életmód és a mértékletesség problematikája az energiagazdálkodásban

Munkácsy Béla

Mindenekelőtt a **takarékosság/mértékletesség (sufficiency)** és a **hatékonyság (efficiency) javítása közötti** – sokszor még az energetikában jártas műszaki szakemberek számára sem egyértelmű – **különbségre** kell rávilágítanunk: amíg az energiahatékonyság pusztán egy **műszaki, technológiai eszköz**, addig a takarékoság/mértékletesség sokkal inkább az energiafogyasztás **emberi tényezőjeként** írható le, éppen ezért minőségileg magasabb szintet jelent; javítása az értékrend és alapvető meggyőződések megváltoztatását jelenti (Darby, S. 2007).

Forgatókönyvünk lényeges eleme, hogy a műszaki szempontok mellett hangsúlyosan veszi figyelembe az emberi tényező kínálta lehetőségeket, a takarékoságot és mértékletességet. Csakhogy amíg a különféle műszaki paraméterek viszonylag könnyen mérhetők, adatok és forrásdokumentáció is igen nagy számban áll rendelkezésre, addig az emberi tényező tekintetében jelentős bizonytalansági tényezővel kell kalkulálni.

Az 1860-as évek közepe óta tudjuk, hogy önmagában a hatékonyság növelésével nem fogunk eljutni a kívánt eredményhez, vagyis az erre irányuló intézkedések csak abban az esetben érik el céljukat, ha mindeközben az emberi tényező kapcsán is sikerül szemléletváltást elérni – Jevons, W. S. (1865) tanulmánya támasztotta alá ezt a felismerést, így ma Jevons-paradoxon néven ismerjük. Lényegének érzékeltetésére az autózás szolgál nyilvánvaló példaként: hiába javult az elmúlt évtizedek során a belsőégésű motorok hatásfoka, ha eközben a járművek mérete, tömege és a megtett kilométerek száma is intenzív növekedést mutat és végeredményben nagyobb üzemanyagfogyasztást eredményez.

A Jevons-paradoxon szoros összefüggésben van az ún. **visszacatolási mechnizmussal**, vagyis azzal a jelenséggel, amikor a hatékonyság nem ér cél, valahogyan energiafogyasztást gerjeszt. Ez olyannyira létező probléma, hogy az Európai Bizottság egy jelentése ennek **3 típusát** is megkülönbözteti (EEA 2013):

- közvetlen;
- közvetett;
- egész gazdaságra kiható.

A **közvetlen visszacsatolási hatás** esetében egy termék vagy szolgáltatás megnövekedett hatékonysága és az ehhez kapcsolódó költségcsökkenés a fogyasztás növekedését eredményezi. Lecserélhetjük ugyan a hagyományos izzóinkat hatékonyabbra, ám ha azokat tovább is hagyjuk égni az alacsonyabb fogyasztásukra hivatkozással, akkor ezzel visszajára fordulhat a költségcsökkenő beruházásunk, sőt a legrosszabb esetben még növekedhet is a fogyasztásunk.

A **közvetett visszacsatolási hatás** következtében a hatékonyabb termékek vagy szolgáltatások megvásárlásából, igénybe vételéből eredő megtakarításainkat újabb és újabb termékekre vagy szolgáltatásokra költjük. Például ha valaki jelentős összeget takarít meg azzal, hogy otthonát hőszigeteli, ám az ezzel járó megtakarításait egy távoli országba szóló repülőjegy megvásárlására költi, akkor ezzel hozzájárul az üvegházgáz-kibocsátás növeléséhez – akár a kiindulási kibocsátáshoz képest nagyobb mértékben.

Az **egész gazdaságra kiható visszacsatolási hatás** esetében a hatékonyságnövekedés gazdasági termelékenységhez vezet, ezáltal megindul a gazdasági növekedés, illetve nő a fogyasztás makrogazdasági szinten is (EEA 2013).

5. táblázat: A visszacsatolási hatások becsült mértékei a különféle szolgáltatások esetében (EAA 2013)

Szolgáltatások	Visszacsatolási hatás becsült mértéke
Fűtés	10-30%
Hűtés, légkondicionálás	0-50%
Meleg víz előállítás	10-40%
Világítás	5-12%

Különféle tanulmányok vizsgálják a visszacsatolási hatások következményeit, ám a konkrét értékeket nagyon nehéz megbecsülni, amit az alábbi táblázatban láthatunk is. A legnagyobb bizonytalanságok a hűtés és légkondicionálás, illetve a meleg víz előállításának kapcsán mutatkoznak az iparosodott országok esetében. A fejlődő országok helyzete még ennél is rosszabb, ott az értékek magasabbak lehetnek. A három visszacsatolási hatás közül a direkt/közvetlen rendelkezik a legmagasabb értékekkel (<50%). Ehhez képest az indirekt hatás kb. 7%-os, míg a gazdaságra ható csak 0,5-2% körül mozog – vagyis az energiahatékonysági intézkedéseknek elsősorban a direkt visszacsatolási hatást kell figyelembe venniük (EEA 2013).

A fentiekből fakadóan **az energiafogyasztás csökkentéséhez szükséges az alapvető társadalomtudományi összefüggések ismerete** is, és mindemellett egyfajta **természettudományos és műszaki alpműveltség**. Konkrét hazai aktualitásként adódik a „**rezsicsökkentés**” problematikája, amely a kormányzati kommunikáció szerint a magyar társadalom jólétének javítására hivatott, ám emellett minden bizonnyal rövid távú politikai ambíciókat is szolgál. Látnunk kell ugyanis, hogy a jelenleg dominánsan alkalmazott energiaforrások – és általában a természeti erőforrások – árának csökkentése a fogyasztás növekedését eredményezi (lásd Jevons-paradoxon), és egyszerre akadályozza mind a megújuló energiaforrásokra való áttérést,

mind az energiahatékony megoldások térnyerését! Lényegesen szerencsésebb, és hosszú távon pedig a társadalom egésze szempontjából valóban gyümölcsöző megoldás volna az ökoadórendszer hazai megteremtése. Ez többek között azt jelentené **a természeti erőforrások árának magasan tartása** mellett inkább a környezetkímélő technológiák adótartalmának és a munkára kivetett különféle járulékok mértékének radikális csökkentése, és ezáltal a fogyasztás környezetközpontúvá tétele következik be. Megjegyzendő még, hogy a lakosság anyagi terheinek csökkentését nem a természeti erőforrások árának mérséklésével, hanem a fizetések európai szinthez való közelítésével lehetne elérni – más kérdés, hogy ennek káros környezeti következményei csak az imént említett ökoadórendszer révén volnának orvosolhatók.

Az emberi tényezőre alapvetően két irányból lehet hatást kifejteni. **Külső kényszert**, vagyis a jogi és gazdasági szabályozás eszközszerét alkalmazva igen komoly eredményeket érhetünk/érhetnénk el. Így például nyilvánvaló lehetőség rejlik az adórendszer előbb említett átalakításában. A másik megoldás az **ismeretekből** fakad. Az oktatás és a média összehangolt tevékenysége által olyan mértékű szemléletváltás érhető el, amely egyfajta **belső kényszert** alakít ki, és ami végeredményben viselkedési mintázatunk megváltozását, így a jelenlegi fogyasztói létformától való minél határozottabb elszakadásunkat eredményezi.

Az ismeretekre utalva például végtelenül egyszerű lehetőség saját energiafogyasztásunk megismerése: a mérőórák gyakoribb leolvasása, az adatok rendszeres rögzítése, egyszerű elemzése. A kutatók egybevágó tapasztalata, hogy az évenkénti leolvasásról a havonkénti leolvasásra és elszámolásra való áttérés már önmagában meglepően nagy, akár 10-20% körüli fogyasztáscsökkentést eredményezhet (Darby, S. 2006), hiszen az energiafogyasztásunk mértékével való szembesülésre sokkal gyakrabban kerül sor. Természetesen a heti vagy napi leolvasás, esetleg kifejezetten ezt a

célt szolgáló fogyasztásmérő berendezések használata, további támpontokat jelent a takarékoság, mértékletesség felé vezető úton.

Mivel nem rendelkezhet minden fogyasztó alapos ismeretekkel a műszaki területen, ezért igen hasznos támogatást jelent az Európai Unió energiahatékonyság növelését célzó szabályozási tevékenysége (**ecodesign** legislation) és ehhez kapcsolódóan azon törekvése, hogy kereskedelmi korlátozást vezessen be a rossz hatékonyságú eszközökre, illetve, hogy az elektromos berendezéseket a **címkézés** segítségével összehasonlíthatóvá tegye. Ez utóbbi rendszer – bár megjelenése összességében előremutató – sajnos nem minden tekintetben működik jól, bizonyos esetekben a felületes szemlélő, aki csak a betűkódokat figyeli, de az éves fogyasztási adatokat nem, téves következtetésekre juthat, rossz fogyasztói döntéseket hozhat. A hibái ellenére is jól használható címkézés egyre inkább teret nyer, hasonló rendszert már a gépjárművekre és az épületekre is bevezettek. Összefoglalásként lényeges felismerni, hogy az energiahatékonysági címkézés ugyan technológiai kapcsolatrendszer miatt műszaki jellegű, ám az már a takarékoság és mértékletesség tárgykörébe tartozó emberi tényező, hogy vásárlási döntéseink során ezt a szempontot milyen súllyal vesszük figyelembe.

Ha a hétköznapi emberek tekintetében lényegesnek tartjuk az ismereteket, akkor az energiagazdálkodásban tevékenykedő szakemberek esetében ez hatványozottan igaz. Tapasztalataink szerint hazánkban sajnálatosan kevés a korszerű energiagazdálkodás bonyolult összefüggésrendszerében eligazodó, a napról napra bővülő és frissülő tudásanyagot ismerő, megfelelően felkészült műszaki szakember, aki hajlandó műszaki ismereteiből időnként kitekinteni és felismerni, hogy az energiagazdálkodás, vagy – a hazai aktualitások kapcsán – az energiatervezés messze túlmutat ezen műszaki ismeretek halmazán. Európa másik felében ebből a szempontból is lényegesen jobb a helyzet, mert maga a mérnöktársadalom is lényegesen

nyitottabb. Dániában például fel sem merül atomerőmű építésének terve, ám rohamléptekben terjednek a 21. század megújuló energiára alapozott megoldásai, amelyeket nem a problémák forrásaként, hanem a nemzetgazdaság kitörési lehetőségeként értelmeznek. Tanulságos, hogy a Dán Mérnökök Szövetsége (Danish Society of Engineers - Ingeniørforeningen i Danmark), amely ténylegesen összefogja a mérnöktársadalom egészét, maga karolja fel a fenntartható energiagazdálkodás ügyét 100%-ban megújuló tervezési dokumentumokat publikálva (Sáfíán F. 2011), és e témában világszínvonalú egyetemi képzéseket és kutatásokat generálva az ország minden műszaki felsőoktatási intézményében. A dán Műszaki Egyetem (Danmarks Tekniske Universitet) számos mérnök oktatója-kutatója foglalkozik a társadalomtudományok és az energiagazdálkodás kapcsolatrendszerével, s az 1980-as évek óta folyó kutatásaikkal nemzetközi hírnévre tettek szert (Nørgaard, J. S.; Wilhite, H.; Meyer, N. I.). A másik, némely szempontból ennél is érdekesebb irány, amikor a műszaki területen kívülről érkezik az input. Például Norvégiában, az Oslói Egyetemen kultúrantropológus vezet és fog össze energiatervezéssel foglalkozó képzéseket és kutatási munkát (Wilhite, H. L. 2013; Wilhite, H. L. 2012). Természetesen nem csak európai példák vannak társadalomtudósok bekapcsolódására, így az amerikai kontinensen például sok más nagyszerű szakember mellett Lutzenhiser, L. (2007) vagy Jorgenson, A. K. (2012) munkája emelhető ki.

Felhasznált irodalom

CEC (2008): COMMUNICATION FROM THE COMMISSION – Energy efficiency: delivering the 20% target. (Commission of the European Communities) Elérés: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0772:FIN:EN:PDF>

Cleveland, C. J. – O'Connor, P. (2010): An Assessment of the Energy Return on Investment (EROI) of Oil Shale. Final Report. Boston University. 19 p. Elérés: <http://www.westernresourceadvocates.org/land/pdf/oseroireport.pdf>

Darby, S. (2006): The Effectiveness of Feedback on Energy Consumption – A Review for Defra of the Literature on Metering, Billing and Direct Displays. Environmental Change Institute, Oxford. 24 p. <http://www.eci.ox.ac.uk/research/energy/downloads/smart-metering-report.pdf>

Darby, S. (2007): Enough is as good as a feast – sufficiency as policy. 10 p. <http://www.eci.ox.ac.uk/research/energy/downloads/eceee07/darby.pdf>

Droege, P. [szerk.] (2009): 100% Renewable – Energy Autonomy in Action. Earthscan. 326 p.

EEA (2013): Achieving energy efficiency through behaviour change: what does it take? – European Environment Agency, Technical report, No 5/2013, Copenhagen. p. 56

IRGC (2013): The Rebound Effect: Implications of Consumer Behaviour for Robust Energy Policies. International Risk Governance Council, Lausanne, p. 36

Jevons, W. S. (1865): The Coal Question: Can Britain Survive? In: Flux, A. W. (ed.) The Coal Question: An Inquiry Concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of Our Coal-mines. – Augustus M. Kelley, New York, 411 p.

Jorgenson, A. K. (2012): The sociology of ecologically unequal exchange and carbon dioxide emissions, 1960–2005. In: Social Science Research, Volume 41, Issue 2, pp. 242–252.

Lutzenhiser, L. (2007): Creating the Carbonneutral Citizen: Conserve During a Crisis, But Otherwise Hard. In: Environmental Forum Nov/Dec. 47-51.

Meyer, N. I. (2013): Limits to Growth and the Transition to a Green Society. In: Vedvarende energi og miljø. No. 4, pp. 16-17.

Munkácsy B. – Borzák S. (2008): Szélergia-potenciálok az Ister-Granum Eurorégió magyarországi területén. – In: Energiagazdálkodás, 49. 2. pp. 10-12.

Munkácsy B. – Kovács G. – Tóth J. (2007): Szélergia-potenciál és területi tervezés Magyarországon in: Települési Környezet Konferencia (szerk.: Orosz Z. – Fazekas I.) pp. 254-259., Debrecen, CD-ROM

Munkácsy B. – Sáfián F. – Szabó D. (2012): A Vision Hungary 2040 fenntartható energia-forgatókönyv és ennek hőszivattyúzással kapcsolatos potenciálbecslése. – in: VIII. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia, pp. 29-34.; Göttinger Kiadó, letölthető: http://km.mk.uni-pannon.hu/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=20&Itemid=39

NEF (2012): The Happy Planet Index: 2012 Report <http://www.happyplanetindex.org/assets/happy-planet-index-report.pdf> (a New Economics Foundation honlapja)

Nørgaard, J. (1998): Sustainable Energy Future - Nordic Perspective. Keynote at workshop „Sustainable and Peaceful Energy Future in Asia”, 28-30. September 1998, Seoul

Nørgaard, J. S. – Wilhite, H.(2003): A Case for Self-Deception in Energy Policy. In: Proceedings of ECEEE 2003 Summer Study: Time to Turn Down Energy Demand. Vol. 1 Stockholm: ECEEE Secretariat, Stockholm, Sverige. www.eceee.org, 2003. p. 249-257.

Orozco, J. - Ramírez, F. – Solano, F. (2012): Plan de expansion de la generacion electrica - periodo 2012-2024. 114 p.

<http://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/3bd3a78047cdebee904df9f079241ace/PEG2011rev1.pdf?MOD=AJPERES>

Polinszky K. [szerk.] (1970): Műszaki Lexikon. Első kötet, Akadémia Kiadó, Budapest, p. 650.

Sáfián F. (2011): Dán energiasztratégiák 1. – A CEESA Projekt és a Dán Mérnökök Társaságának energiasztratégiája. In: Munkácsy B. (szerk.) Erre van előre. pp. 22-27.

Sáfián F. (2012): A hazai energiarendszer modellezése az EnergyPLAN szoftverrel. X. ENERGOexpo Nemzetközi Energetikai Szakkiállítás és Konferencia, Debrecen, Kölcsey Konferencia Központ, 2012. szeptember 25-27.

Sáfián, F. (2013): Modelling the Hungarian energy system – the first step towards sustainable energy planning. International Conference on Energy & Environment: bringing together Economics and Engineering, School of Economics and Management, University of Porto, 2013. május 9-10.

Wilhite, H. L. (2012). The Energy Dilemma, In Nielsen, K. B. – Bjørkdahl, K. (szerk.), Development and Environment: Practices, Theories, Policies. Akademisk Forlag. ISBN 9788232100330. 5. pp. 81 - 97

Wilhite, H. L. (2013): Energy consumption as cultural practice: implications for the theory and policy of sustainable energy use, In Strauss, S – Rupp, S. – Love, T. (szerk.), *Cultures of Energy: Power, Practices, Technologies*. Left Coast Press Inc. ISBN 978-1-61132-165-4. Part 1, Chapter 2. pp. 60 - 73

5.3. Az épületekben rejlő energiahatékonysági potenciálok

Szabó Dániel – Ertsey Attila

A jelenlegi lakásállomány energiafogyasztásáról több okból is nehéz egyértelmű képet alkotnunk. A különféle források sok esetben egymásnak ellentmondó eredményeket, adatokat közölnek, s tovább bonyolítja a helyzetet, hogy:

- némely számítás a rendszerveszteségeket is figyelembe veszi, míg mások nem;
- sok esetben nem világos, hogy a „háztartások” – itt inkább családok – közlekedési energiafogyasztása vajon benne foglaltatik-e az adott értékben, vagy sem;
- alkalmanként nehézséget jelent, hogy az adatok egy része a rendszer egészét írja le és PJ-ban számol, míg az adatok másik része a területegységre vonatkoztatja az adatokat és kWh/m²-ben kalkulál.

Az Energia Klub Negajoule c. kiadványában 74 épülettípusra végeztek számításokat, melynek végeredményeként a „lakástípusok” összességére vonatkozóan 360 PJ energiafogyasztást kaptak (Fülöp O. 2011). A fő épülettípusokat illetően 3 nagyobb csoportot különítettek el. Számításaik eredményeképpen a **családi házak** esetében igen magas, 400-500 kWh/m²/év energiafogyasztás adódott, hiszen ezek az épületek a legtöbb esetben hőszigetelés nélkül épültek, ezért az indokoltnál jóval nagyobb a hőveszteségük. Ilyen típusú épületekben él a népesség 66%-a, ráadásul ezek az egy háztartásra vetítve legnagyobb alapterületű lakóépületeink is. A **tégla társasházaknál** 200-300, míg a **panelépületeknél** 200 kWh/m²/év körüli energiafogyasztási értékeket kaptak. Nemzetközi összehasonlításban ezekkel az adatokkal nem állunk túl jól: 2010-ben Európa épületállományának 76%-át

lakóépületek adták az alapterület tekintetében, mely lakóépületek 65%-a családi ház. Ezen arányok mellett a lakóépületek átlagos energiafogyasztása 200 kWh/m²/év, egy 1980 előtt épült átlagos ház 300 kWh/m²/év, a legújabb épületenergetikai szabványoknak megfelelő épület 90 kWh/m²/év, míg a passzív házak 15 kWh/m²/év energiafogyasztással működnek (Kirby, A. 2008).

Hazánkban a teljes lakóépület-állomány energiafogyasztását figyelembe véve a családi házak rendelkeznek a legmagasabb, 81%-os részaránnyal, tehát alaposan megelőzik a többi épülettípus fogyasztását (Fülöp O. 2011). Mindebből kitűnik, hogy a leggyorsabb és legszámottevőbb energiamegtakarítási eredményeket a családi házak felújításával lehetne elérni – miközben a jelenlegi felújítási politika inkább a panellakásokra fókuszál. Ezt a megállapítást kiválóan alátámasztja az ÉMI-nek a Zöld Beruházási Rendszer (ZBR) eredményeiről szóló zárójelentése. A ZBR keretein belül Magyarország több mint 62 ezer háztartásának energetikai korszerűsítésére került sor. A támogatott háztartások elsősorban többsége, 57 ezer lakás panel épületekben található. Az adatok fényében viszont egyértelmű, hogy az egy főre jutó energiamegtakarítás tekintetében a nem panel épületeket támogató pályázatok kimagaslóan jól szerepeltek. Míg a Panel1 és Panel2 pályázatok esetében a megtakarítás 5000 kWh/fő/év körül mozog, addig például a „Klímaparát otthon” és a „Mi otthonunk” pályázatok esetében, ahol a támogatott otthonok elsősorban többsége családi ház volt, 13 000 és 20 000 kWh/fő/év közötti megtakarítást realizáltak.

Lényeges kérdés az is, hogy a háztartások energiafogyasztásában hol van az a kritikus terület, ahová elsősorban be kell avatkozni. A hétköznapi fogyasztók ebben a tekintetben különösen tájékozatlanok, és az energiahatékonyság javítására szánt pénzzel nagyon szerény eredményeket érnek el. Világosan látszik, hogy bármennyi pénzt is költünk például az energiahatékony világítóberendezésekre, ezzel egy átlagos háztartásban érdemi eredményt nem tudunk elérni. A lakóházak hőszükségletét elsősorban a fűtés,

másodsorban pedig a melegvízkészítés és a főzés adja. Míg utóbbi kettő esetében a hőigény viszonylag állandónak mondható, addig a fűtési célú energiafelhasználás esetében jelentős potenciálok mutatkoznak az igények visszaszorítására. Ennek megfelelően a legtöbb törekvés – helyesen – a fűtési célú energiafelhasználás mérséklését tűzi ki célul. Kiváló indikátora e jelenségnek, hogy míg az alacsony fűtési energiaigényű épületek esetében a használati melegvízigény 11%-os részesedése mellett az energiafogyasztás nagyjából 54%-át a fűtési célú energiafelhasználás adja, addig a passzív házak esetében a fűtés hőigénye nagyjából azonos a használati melegvíz előállításának hőigényével.

A hőigény csökkentésének érdekében nélkülözhetetlenül fontos számunkra, hogy az igényt adó hőveszteség milyen tényezőkből áll össze. Az épületek hőveszteségüket az épületszerkezeten keresztül, vagy a szellőzés által szenvedhetik el, s ezt a veszteséget az épület különböző forrásokból származó hőnyeresége csökkentheti. Az épületszerkezeten keresztüli hőveszteség mérséklése történhet például a szigetelés fokozásával, a filtrációs veszteségek csökkentésével, míg a szellőzésből adódó veszteségek hővisszanyerő szellőzés segítségével közel 100%-ban csökkenthetők. A hőnyereség növelésének egyik leghatékonyabb módja a passzív napenergia-hasznosítás. Ebben az esetben a kiaknázható lehetőségek tárháza óriási. A sokféle lehetőség közös jellemzője, hogy létfontosságú elemük a tervezői munka, kezdve a települések rendezési tervének elkészítésétől és településfejlesztési döntéseken át a konkrét épületek mérnöki tervezéséig. Sok esetben a passzív napenergia hatékony hasznosításának legnagyobb akadálya az energetikai szempontból kedvezőtlen településszerkezet. Könnyen belátható, hogy a legnagyobb hatékonyság elérése érdekében az épületek déli tájolása volna szükségszerű, ám ennek akadályát sok esetben a rosszul kialakított, nem megfelelően tájolt utcahálózat és építési telkek teszik lehetetlenné. Összefoglalóan: alapvető érdekünk, hogy az energiahatékonyságot hirdető szemlélet már a településrendezés,

településtervezés szintjén megjelenjen, sőt vezető szerepet kapjon. Ezt követően – a tudatos településtervezés által nyújtott adottságok lehető legnagyobb mértékű kihasználásával – az épületek tervezése során az építészeti megoldások lehető legszélesebb skálájával szükséges törekednünk arra, hogy az épületállomány a passzív és az aktív napenergia-hasznosítására minél nagyobb mértékben alkalmas legyen.

A hőigények mérséklése mellett gondoskodnunk kell a fennmaradó energiaigények fedezéséről is. A legszigorúbb fenntarthatósági szempontokat szem előtt tartva három elfogadható megközelítés között választhatunk. A legkisebb költségekkel a **bioszolár** rendszerek alkalmazása jár, ahol a Nap közvetlenül hasznosítható energiája mellett különböző forrású biomassza hasznosításával fedezzük energiaigényünket – amint értelmezhetünk akár közvetett napenergia-hasznosításnak is. Második lehetőségünk a **távfűtésben** rejlik. E megközelítés sok esetben a démonizáció áldozatául esik, ám a mai technológiai megoldások és modern irányítási rendszerek mellett ez kifejezetten hatékony módja lehet a hőenergia igények fedezésének. Harmadik lehetőségként a fajlagosan magasabb költségekkel járó **hőszivattyús** rendszerek említhetők meg, melyek előnye az, hogy használatuk esetén valódi önellátásról, autonómiáról beszélhetünk a hőenergia szükségletek fedezésének tekintetében (Ertsey A. 2011).

2050-ig vizsgálódó modellünkben azt feltételeztük, hogy különféle szabályozási programok eredményeképpen a fentebb vázolt alapokon nyugvó, épületenergetikai hatékonyságot növelő beruházások olyan mértéket fognak ölni, hogy a 21. század közepére az egységnyi alapterületre eső fűtési energiafelhasználás 75%-kal mérséklődik. Ugyanakkor azzal is számolunk, hogy az elmúlt évek növekedési tendenciája a jövőben hasonló marad, így 2050-re a jelenlegihez képest kb. 20%-kal fog nőni a lakások fűtött alapterülete. Az alábbiakban bemutatjuk,

hogy miért ítéljük reálisnak a forgatókönyvünkben szereplő, fűtési energiamegtakarításra vonatkozó felvetést.

Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (2008-2025)

A magyarországi lakásállomány összességében rossz hőfizikai adottságokkal rendelkezik. Elkeserítő az az adat, amely szerint a 4,3 milliós lakásállomány 70%-a egyáltalán nem felel meg a műszaki és hőtechnikai követelményeknek (Nemzeti Energiastratégia 2030, 2011). Így logikus, hogy a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (2008) épületenergetikai beruházásokban is gondolkodik, és a szerzők számítása szerint ezek folyamatos megvalósításával 2025-re már évi 101 PJ energiamegtakarítás válna elérhetővé – csak a már meglévő épületeink esetében (5-15 év közötti megtérülési idővel számolva). Mivel a lakosság fűtésre és használati-melegvíz készítésre fordított energiafogyasztása 360 PJ (Fülöp O. 2011), ez azt jelenti, hogy a NÉS készítői szerint a 2005-2025 között realizálható megtakarítás megközelíti a 30%-ot. Ugyanerre az időszakra **saját kalkulációnkban 43%-ot** határoztunk meg, mint ideális esetben elérhető potenciál – ez ugyanakkor azt jelenti, hogy a 2000. évi adatokhoz képest csak 28%-os csökkenést feltételeztünk, hiszen – az IEA 2010. évi adatai szerint – 2000 és 2005 között 15%-kal nőtt a magyar háztartások egységnyi alapterületre eső energiafogyasztása. Az általunk számított potenciál még elérhetőbbnek látszik, ha a végső energiafelhasználás évenkénti értékeinek meghatározásánál úgynevezett **klimatikus korrekcióval** élünk, mely az egyes évek közötti hőmérsékletkülönbségek hatását semlegesíti. Ezen elvek alapján végzett számítások szerint 1990 és 1998 között évente átlag 3,9%-kal esett a háztartások energiafogyasztása, melyet az 1998 és 2006 közötti időszakban 2%-os éves növekedés követett. 2006 és 2010 között újabb, évenkénti 4%-os csökkenés volt megfigyelhető a háztartások energiafogyasztásának tekintetében. Az adatok jól érzékeltetik, hogy tulajdonképpeni technológiai

fejlesztések nélkül, pusztán az ártámogatási rendszerek változtatásával kimutatható csökkenés idézhető elő az energiafogyasztásban (Elek L. 2012).

2013 szeptemberében jelent meg a Második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia szakpolitikai vitaanyaga, melynek épületekre vonatkozó fejezete elismeri, hogy az épületállományban rejlő energiahatékonysági potenciál legnagyobb hányada a már meglévő épületek felújításával használható ki, s az elérhető kihasználtsági szintet legfőképp a pénzügyi források rendelkezésre állása befolyásolja. A NÉS2 cselekvési irányait három időtávra bontották. Rövid távú cselekvési irányként kiemelik a Nemzeti Épületenergetikai Stratégia (NÉES) végrehajtásának fontosságát, az épületenergetikai előírások szigorítását és betartatását. Középtávú célt jelent a közel nulla energiafogyasztású, intelligens épületek építése felé történő elmozdulás, hosszú távon pedig fontos a „klímaváltozás, mint peremfeltétel teljes körű beépítése az épületenergetikai stratégiába, megvalósítási programokba és szabályozásba.” (NÉS2, 2013)

Nemzeti Épületenergetikai Stratégia 2030 (NÉES)

A 2013-ban az ÉMI és külső szakértők bevonásával készült tanulmány szerint Magyarország teljes épületállományának energiafogyasztása a primerenergia-felhasználás 40%-át adja. Az épületállomány 60%-át lakóépületek, 40%-át egyéb épületek adják (ezek nagyjából 30%-a középület, a többi mezőgazdasági-ipari létesítmény). Amennyiben abszolút értékekben vizsgálódunk, elmondhatjuk, hogy a lakásállomány 4 millió lakásra tehető, ez 2,6 millió épületet jelent, melyek közül 2,5 millió családi ház.

A vizsgálat elején ezt a lakástömeget az építés éve, a falazat típusa és a méret szerint osztályozták. Az osztályozás alapján elkülönített 15 típuson három

alapvető energetikai felújítási modell vizsgálatát végezték el. Az egyes modellek a következők:

- A 7/2006 TNM rendelet előírásai szerint végzett felújítás esetén;
- A 2013-ban életbe léptetett szigorítás (1246/2013) előírásai szerint;
- A Közel Nullás követelményrendszer szerint (2020-tól érvényes).

A felújítási csomag vizsgálata során a meglévő lakásállomány átlagos energetikai színvonalát 100 és 550 kW/m²/év közötti értékre becsülték. Az egyes csomagok költséghatékonyság szerinti elemzése során az alábbi eredmények születtek:

Az egyes felújítási csomagok jellemzői		
Csomag	Az elérhető energiaszint (kW/m ² /év)	Ráfordítás (millió Ft)
a	90-250	1,4-5,6
b	80-140	1,4-5,6
c	72-100	B+10%
A megtérülés 8-30 év, típusonként különböző.		

A tanulmány külön vizsgálta a középületeket is, mely országosan nagyjából 40 000 db épületet jelent, 21 típusra szűkítve. A meglévő épületállomány energetikai színvonalát 114-314 kW/m²/év közé becsülték, mely átlagosan 220 kW/m²/év-et jelent. Az épületállomány e csoportjában a különböző felújítási csomagok alkalmazásával a következő eredmények érhetők el:

Az egyes felújítási csomagok jellemzői középületek esetén		
Csomag	Az elérhető energiaszint (kW/m ² /év)	Energetikai megtakarítás
A	88-210 (átlagosan 136)	36%
B	43-174	55%
C	40-172	58%

A tanulmány konklúziói szerint **az épületállomány energiahatékonyságának növelése a legnagyobb megtakarítási potenciál** és sürgető feladat. Az energiahatékonysági célok elérése érdekében a felújítások során a megújuló energiaforrások alkalmazására, a megtakarításban érdekelt finanszírozásra (ESCO), továbbá mentorációra van szükség a sikeres megvalósítás érdekében.

NegaJoule 2020

Az **Energiaklub Szakpolitikai Intézet és Módszertani Központ** által kezdeményezett és koordinált „NegaJoule 2020” kutatási projekt kifejezetten a hazai lakóépületek épületenergetikai hatékonyságának fokozásában rejlő potenciálok felmérésével foglalkozott. Széleskörű vizsgálataik eredménye szerint **a hazai lakóépületek energiafogyasztása összességében 42%-kal (152 PJ-Ial) volna csökkenthető 2010-től 2020-ig.** Ez az általunk ugyanerre az időszakra feltételezett csökkentésnél 4%-kal magasabb érték.

Az elemzés szerint a 152 PJ-nak mintegy 77%-a aknázható ki gazdaságosan, vagyis az épületek fűtésére és HMV-készítésére vonatkozó **társadalmi-gazdasági potenciál általuk becsült értéke 117 PJ** (Fülöp O. 2011). A három vizsgált épületcsoportra vetítve elmondható, hogy abszolút értékben

számolva a **családi házak esetében érhető el a legnagyobb mértékű megtakarítás, ami az összes lehetőség 95%-át teszi ki!**

A számítások szerint a 152 PJ-nyi csökkentés eléréséhez 330 000 háztartás felújítására lenne szükség, ami nagyjából 7 400 milliárd forintot tenne ki, mely 30%-os támogatási intenzitás mellett az államnak nagyjából 220 milliárd forint többletkiadást jelentene éves szinten. 117 PJ-nyi csökkentés elérése érdekében csak évi 160 000 lakást kellene felújítani évi 70-85 milliárd forintos állami kiadással (Fülöp O. 2011). Lényeges, hogy a családok által befektetett pénz azonnal megtérül, hiszen az ingatlanok értéke megnő. Az állami befektetések közvetett megtérülése ugyancsak rövid távon várható – például ha széles körben megindul egy ilyen folyamat, akkor az importkiadások jelentékeny csökkenése révén.

A SOLANOVA-projekt tanulságai

Az épületállomány egy jelentős szegmensét a házgyári panelépületek képviselik. Hogy ezen a téren milyen hatékonyságjavító lehetőségek rejlenek, abban a **dunaújvárosi Solanova-projekt** ad támpontot. A 2003 januárjában kezdődő program keretében egy hétemeletes házgyári technológiával épült panel lakóház komplex energetikai felújítására került sor. A 2006-ig tartó felújítás gyökeresen megváltoztatta a lakók addigi életkörülményeit, egy sokkal élhetőbb, a modern elvárásoknak megfelelő épületet tudhatnak mára magukénak. Időközben az is kiderült, hogy a lakások energetikai felújítása esetén nem elegendő a technikai feltételek megteremtése, hiszen egy ház energiafogyasztásának alakulásában nagyon sok múlik a lakók szokásain, magatartásán.

A felújítást meghatározó három célkitűzés közül az első a lakók igényeinek való megfelelés elérése volt. A szóban forgó projekt esetében a felújítás ideje

alatt folyamatosan zajlott a lakosok véleményének kutatása, a bekövetkező változások nyomon követése. A gyűjtött adatokból egyértelműen kiderül, hogy a felújítások a kívánt eredményeket hozták, a lakosok az elvárásaiknak megfelelő változásokat tapasztalhattak.

Második célkitűzésként az optimális hatékonysági mutatók elérését határozták meg. Az építőiparban már ma is alkalmazott műszaki megoldásokkal, így például nagy vastagságú homlokzati hőszigetelő rendszerrel, korszerű nyílászárókkal, nagy hatékonyságú hőcserélőkkel és modern fűtési megoldások alkalmazásával már a felújítás utáni első évben 82%-os, a második évben közel 90%-os csökkenést sikerült elérni az energiafogyasztásban (Hermelink, A. 2007).



45. ábra: A nemzetközi hírű Solanova-projekt Dunaújvárosban, a Lajos király körúton (fotó: Munkácsy B.)

A kiinduló állapot hőigénye 230-280 kWh/m²/év volt. A megvalósult állapot értéke **30 kWh/m²/év**. A **téli hővédelmet** szolgálja a 16 cm külső hőszigetelés, a 30 cm tetőhőszigetelés, a 10 cm hőszigetelés a pincefödém alatt, a 3 rétegű ablakok, az előszobában elhelyezett hővisszanyerő szellőztető rendszer, a fűtési rendszer korszerűsítése, a radiátorok, vezetékek cseréje, és a szélfogó a földszinten. De legalább ilyen fontos a **nyári hővédelem** eszköztára, mellyel a gyakran a fűtésnél is többre kerülő, jelentős energiafelhasználást generáló **léghőképzést lehet kiváltani**. A napvédelem eszközei: külső állítható árnyékolók harmadik, külső üvegréteggel védve, lakásonként szabályozott szellőztető rendszer, a lapostetőn létesített zöldtető, terasztető, mely közösségképző elemmé vált és végül a napkollektorok, amelyek árnyékoló funkciót is ellátnak az előtetőn.

Harmadik célkitűzésként a napenergia optimális mértékű felhasználása jelent meg. A Solanova-ház esetében a fűtési és használati-melegvíz igény mintegy 20%-át tudják éves viszonylatban a **napkollektorokkal** fedezni. Azt figyelembe véve, hogy egy főre mindössze 0,6 m² napkollektor jut, ez meglehetősen jó értéknek számít.

A jó komfortérzethez további rész megoldások járultak hozzá: akusztikailag méretezett ablakok, külső, állítható árnyékolók, az északon csökkentett ablakméretek, a zöldtető, a közösségi használatra is alkalmas terasztető, a pollenszűrővel ellátott szellőztető rendszer, és a takarékos vízhasználatot elősegítő speciális zuhanyfejek, melyek alacsony vízfogyasztás mellett jó tisztítóhatást érnek el.

Az eredmények önmagukért beszélnek. A 85-90%-os fűtési energia megtakarításnak (mely a hőszigetelésnek és a hővisszanyerő szellőztetőrendszernek köszönhető), és az összességében 50%-os melegvíz-energia megtakarításnak köszönhetően mára az energiaköltségek háztartásonként átlagosan 6 300 Ft/hó-ra mérséklődtek, mely érték magában foglalja az alapdíjat, a fűtés és a melegvíz előállítás költségeit.

Az uniós forrással támogatott projekt ráfordítása a lakások értékének 60%-a volt – a kísérletben: 2,9 millió Ft/lakás, de a földszintet is felújították, ez rontja az arányt. Ám a szakértői vélemények szerint egy ilyen szintű felújítás elterjedt alkalmazás esetén 2,1 millió Ft/lakás áron készülhetne el. Jelentős energetikai eredményeket célzó felújítás esetén a költségek reálisan 40 000 Ft/m² körül mozognak (2009-es árakon). A beruházás megtérülése elméletileg 12 év, s további bónuszt jelent, hogy télen-nyáron nagyon jó a komfortérzet a lakásban. Hazai gyártású berendezések alkalmazásával (hővisszanyerő szellőzés) a ráfordítás tovább mérsékelhető. Ugyanakkor leszögezhetjük, hogy a gyakorlatban a lakások piaci értéke nagyjából a felújítás értékével nőtt meg, tehát aki eladást fontolgat, annak a ráfordítás – ha saját maga kellett volna megfinanszírozza –, az eladás pillanatában megtérül. Más kérdés, hogy ebből az épületből a felújítás óta nem nagyon akart még senki elköltözni...

A Budapest III. kerületében az 1970-ben megépült „FALUHÁZ” energetikai megújítását célzó projekt technológiai megoldásai jóval visszafogottabbnak tekinthetők. Az épület 10 cm vastagságú külső hőszigetelése, kétrétegű üvegezésű új ablakai és a tetőn elhelyezett napkollektor-rendszer lakásonként nagyjából 1,6 millió forint költséggel járt. A végeredmény a fenti műszaki megoldások tükrében nyilvánvalóan jóval alulmúlja az előzőekben taglalt mintaprojekt értékeit. A FALUHÁZ felújítása esetében végeredményben 120 kWh/m²/év hőigénnyel, vagyis 49%-os fűtésienergia-megtakarítással, 62%-os CO₂-emisszió csökkenéssel számolhatunk, míg a használati melegvíz előállítás esetében 50%-os csökkenés történt.

A két projekt összehasonlítása életciklus-költségelemzéssel és megtérülés-számítással végezhető el. A SOLANOVA 12 éves megtérülése azt bizonyítja, hogy az épület teljes életciklusát tekintve egyértelműen jobb a SOLANOVA a Faluháznál. Ugyan utóbbinak gyorsabb a megtérülése, de az épület hátralévő élettartama alatt jóval kisebb a megtakarítás és nagyobb a

környezetterhelés, mint a dunaújvárosi épület esetében. A fenti összevetésből az következik, hogy olyan hitelkonstrukcióra van szükség, ahol egy 12-15 éves megtérülés is finanszírozható – ezt támasztják alá a korábban bemutatott NÉeS megállapításai is.

A bemutatott projektek egyik legfőbb tanulsága az, hogy az épületenergetikai hatékonyságot fokozó felújítások sikerének kulcsa a komplexitásban rejlik, és minden körülmények között kerülendő a szuboptimális megoldások. Ezeket olyan beruházásokként definiálhatjuk, amelyek némi költségmegtakarítást eredményeznek ugyan, ám a kis többletráfördítással elérhető lehetőségekhez képest végül mégis magas energiafogyasztást eredményeznek a következő felújításig, vagyis általában további hosszú évtizedekre (Feiler J. – Ürge-Vorsatz D. 2010). Sajnos a gyakorlatban – minden épülettípus esetében – szinte kizárólagosan ezekkel a „félmegoldásokkal” találkozhatunk, s a Solanovához hasonlóan eredményes nagyberuházás nem valósult meg hazánkban – legfeljebb jobban propagált.

Panelház felújítása a Közel Nulla Energiaigényű Épület követelményéig

A Solanova projekt eredményei mellett további bizakodásra ad okot az újpalotai Zsókvár utca 2. épület felújítása, mely 2011-ben zajlott le. A projekt célkitűzései előirányozták az épületek passzívházzá alakítását, megközelítőleg 90%-os energiamegtakarítást elérve, melynek köszönhetően a fűtés energiaigénye 100%-ban fedezhetővé válik napenergia segítségével. Tovább meg kívánták teremteni a hőszivattyús rendszerre való átállás lehetőségét, melynek köszönhetően lehetségessé válik a leválás a távhő hálózatról. A tervezés során a kitűzött célokat három ütemben határozták meg. A teljes megvalósulás esetén a megtérülést 5 évben állapították meg. Az épület energetikai méretezése a passzívházak tervezésére fejlesztett PHPP-számítással készült az 1967-74 között alkalmazott paneltechnológiáról rendelkezésre álló adatok alapján.

A felújítás előtti kiinduló állapot szerint a valós hőigény $258 \text{ kWh/m}^2/\text{év}$ volt. A felújítás I. üteme alatt került sor a homlokzat felújítására, melynek köszönhetően $49 \text{ kWh/m}^2/\text{év}$ -re kívánták csökkenteni a kiinduló állapot hőigényét, ezzel 80%-os megtakarítást elérve. Az első ütem műszaki tartalmát tekintve a következő elemekből állt:

- 16 cm ásványgyapot hőszigetelés;
- 3 rétegű passzívház-ablakok;
- ideiglenes szellőzés – az első ütemben még hővisszanyerés nélkül.

Abban az esetben, ha csak a hőszigetelés készült volna el ablakcsere nélkül, az elérhető hőigény $84 \text{ kWh/m}^2/\text{év}$ -re módosult volna, ami eleve jóval alacsonyabb a Faluház 120-as értékénél. A számított 80%-os megtakarítással szemben a megvalósítás után mért értékek nagyjából 60%-os energiamegtakarításról tanúskodnak (szemben a faluház 49%-ával). Az elvárthoz képest elért gyengébb mutató a túlfűtésnek tudható be. A lakásokban ma átlagosan $24 \text{ }^\circ\text{C}$ -os hőmérsékletet mérhetünk, a számított 80%-os megtakarítás azonban $18 \text{ }^\circ\text{C}$ esetén volna érvényes. Látható tehát, hogy a megtakarítás mértéke kizárólag az úgynevezett emberi tényezőn, a lakók szokásain, igény szintjén és az ebből fakadó fogyasztási döntésein múlik.

A II. ütem során került volna sor az épület gépészeti felújítására, melynek során megvalósult volna a hővisszanyerős szellőzés, $17 \text{ kWh/m}^2/\text{év}$ -re csökkentve a hőigényeket, nagyjából 93%-os megtakarítást eredményezve. Ezzel az épület elérte volna a Passzívház-követelményrendszer épületkorszerűsítésekre meghatározott $25 \text{ kWh/m}^2/\text{év}$ küszöbértékét, és kielégítette volna az A+ szintet. A II. ütem azonban nem valósult meg.

A felújítás III. üteme során a lakóház „Közel Nulla Energiaigényű Épületté” válna. A harmadik ütem műszaki tartalmát tekintve a következő elemekből áll:

- 220 m² napelemes felület felszerelése a tetőre, illetve a kapcsolódó berendezések;
- egyedi elektromos légfűtő egység lakásonként;
- talajszondás hőszivattyú létesítése, leválás a távhőről.

Megvalósulása esetén a napelemek teljesítménye 18 °C-os belső hőmérsékletet eredményező alapfűtést ingyen teljesítene, e feletti hőmérsékletigény egyedi elszámolással biztosítható volna. A HMV szolgáltatás továbbra is fizetős maradna. A beruházás megtérülése ESCO-finanszírozás esetén mindössze 5 év – a fűtésszámla továbbfizetésével, önrész nélkül.



46. ábra: Az energetikai felújítás részeredménye a budapesti Zsókavár utcában (fotó: <http://domtec.hu/>)

A panelház-felújítási projektek eredményei alapján elmondható, hogy e háztípusok esetében is elérhetők a „Nearly Zero” épületek követelményrendszere által előírt célok. Azonban különösképpen az elektromos igények fedezése kapcsán megjegyzendő, hogy az épület energianyerő felületei nem elegendők a teljes önellátásra. Újépítésű épületek esetén viszont az önellátás megvalósítása jó tervezéssel teljesíthető feladat.

A magyar lakások minősége meglehetősen rossz, ami azt jelenti, hogy kb. ötödét teljesen le kellene bontani, ötöde teljes felújításra, kétötöde részleges felújításra szorulna és csak a maradék 20%-a tekinthető jó állapotúnak (Ürge-Vorsatz D. – Novikova, A. 2008). A szigetelés, nyílászárócsere, vagy a megújulóenergia-hasznosítás mind a költséges beruházások közé tartoznak, ámde esetükben van megtérülési idő, ami után már nyereségekkel számolhatunk. Ezeket a beruházásokat kedvezményes hitelekkel, támogatásokkal és jogi szabályozással a kormány is segíteni tudja. Ennek előmozdítására szolgál az Európai Unió szintjén hozott néhány direktíva is. Ezek reménybeli hatékonyságára jellemző, hogy a 2002/91 EK Direktíva (amely az épületek energetikai jellemzőivel, illetve azok javításával foglalkozó jogszabály) a számítások szerint önmagában 22%-os energia-megtakarítást eredményez (Magyar Z. 2009). A jogszabály például előírja az épületekre vonatkozóan is az energiatanúsítványi címkék alkalmazását. Ez egy olyan igazoló okirat alapján készül, „amely az épületnek a külön jogszabály szerinti számítási módszerrel meghatározott energetikai teljesítőképességét tartalmazza” (176/2008 kormányrendelet). A kormányrendelet, hasonlóan a műszaki cikkek energetikai tanúsítványához, az épületek esetében is a betűjeles besorolás alkalmazását írja elő. Minden tanúsítvány érvényessége tíz évre szól (vagy a jogszabály által meghatározott követelmények megváltoztatásáig). Amellett, hogy a dokumentumban lakásra szabott

energetikai beavatkozási javaslatok szerepelnek (amelyek segítik a tulajdonosokat a kellően hatékony korszerűsítések megválasztásában), számos más előnnyel is kecsegtet az épületenergetikai tanúsítvány bevezetése. Például fontos tájékoztató eszközzé válhat az ingatlanpiac keresleti oldalán, hiszen a vásárlók a besorolás alapján elvileg hiteles képet kaphatnak az ingatlan várható energiafogyasztásáról, illetve költségeiről. Ez egyértelműen növeli a jobb paraméterekkel rendelkező ingatlanok iránti keresletet, mely a jobb mutatóval bíró épületek értéknövekedésével jár. Mindez közvetve élénkíti az energiahatékonysági szolgáltatások, termékek és a megújuló energiaforrások piacát is, mely munkahelyteremtő hatása mellett környezeti szempontból is kifejezetten szerencsés következménye a tanúsítvány bevezetésének.

A nemrégiben elfogadott 2010/31 EK Direktíva további előrelépéseket vár el, így például előírja, hogy 2018. december 31-e után épülő új középületeknek, valamint minden 2020. december 31-e után épülő új épületnek **közel nulla energiaigényű** épületnek kell lennie. Ez a komoly energia-megtakarításon túl azt is jelenti, hogy az épületek által felhasznált kis mennyiségű energiának jelentős részben megújuló forrásokból kell majd származnia. Különösen lényeges lépésnek tekintjük ezt az irodaépületek tekintetében, hiszen itt az elmúlt évtizedekben elharapódzott egy „beton-acél-üveg kalitka” építési trend, amelynek egyértelmű vesztesei az épületeket bérlő cégek. Ezen építőanyagok mérték nélküli alkalmazásának ugyanis törvényszerű következménye télen a magas fűtési, nyáron pedig a magas hűtési energiafelhasználás – amely a rezsiköltségeknek (és persze közvetten a környezet terhelésének) indokolatlanul magas voltát eredményezi.

Ennek az intézkedésnek várhatóan további közvetett hatásai is lesznek. Így például a korszerű technológia ára a nagyobb darabszámok miatt minden bizonnyal olcsóbb lesz, így egyfelől a megtérülési mutatók tovább javulnak – tekintettel a fosszilis energiahordozók árának elkerülhetetlen növekedésére

is. Másfelől így egyre több család számára válnak elérhetővé ezek a megoldások – ezáltal véleményünk szerint egyfajta pozitív visszacsatolási mechanizmus indul be, amelynek eredménye az energiahatékony épületek igen gyors elterjedése lesz. Ennek első jelei már hazánkban is látszanak, igaz egyelőre az alkalmazott technológiai megoldások messze nem a legkorszerűbbek.

Nemzetközi kitekintés – az ODYSSEE projekt felmérése alapján

Az ODYSSEE projekt az Európai Unió tagállamaiban és Norvégiában követi nyomon az energiahatékonysági intézkedésekkel kapcsolatos szakpolitika alakulását, valamint ezek eredményességét.

Az ODYSSEE kutatása szerint 2000 és 2010 között 12%-kal javultak az energiahatékonysági mutatók az Európai Unióban, ám a tendencia nem fokozatosan elért eredményekről árulkodik: a folyamatban kirívó válaszvonalat jelent a gazdasági válság 2007. évi kirobbanása. Míg 2000 és 2007 között éves átlagban 1,5%-os javulás volt mérhető, addig a válság éveiben, 2010-ig mindössze évi 0,6%-os javulást könyvelhettünk el. Mindezek ellenére a vizsgált országok energiafogyasztása 963 PJ-lal növekedett a 2000-ben mért értékekhez képest, azonban az energiahatékonyság fejlesztése és takarékosági intézkedések nélkül nagyjából 5 443 PJ többlettel számolhatnánk.

Hatékonysági szempontokat figyelembe véve, a szektorok közül a háztartások esetében volt tapasztalható a legjelentősebb javulás, összesen 38%-kal járult hozzá az összes energiamegtakarításhoz. A háztartások átlagos energiafogyasztása az EU tagállamokban 2009-re többségében csökkent. E tekintetben is jelentős hatást gyakorolt a gazdasági világválság hatása, de trendfordulót nem jelentett a 2007-ig tapasztalható értékekhez képest. Az újabban csatlakozott tagállamok közül a legmarkánsabb csökkenés Romániát,

Lengyelországot és Észtországot jellemzi. Az EU összes tagállamát vizsgálva Belgium ugrik ki jelentősen a sorból. Volt viszont néhány ország (Görögország, Ciprus, Horvátország, Finnország és Magyarország), ahol növekedés mutatkozott meg a fogyasztásban. Hazánk esetében 1997 és 2010 között az egységnyi alapterületre jutó energiafelhasználás a háztartások esetében mérsékelt növekedést mutat.

A kutatás legutóbbi felmérésének eredménye szerint az Európai Unióban szinte minden tagállamban a fűtésre fordítódik a háztartások energiafelhasználásának nagyobbik része – a legmagasabb arányokkal Dánia, Németország, Ausztria és Szlovénia rendelkezik. A helyi építési szabványok sikerének tudható be, hogy a jóval hidegebb telű Finnország vagy Svédország esetében arányaiban kisebb a fűtési célú energiafelhasználás. Nagy-Britannia viszont arra mutat látványosan példát, hogy a magasabb életszínvonal, a jobb bérek eredményeként hosszú távon radikális változások is jelentkezhetnek: 1970 óta nem kevesebb, mint 7 °C-kal(!) nőtt a fűtési szezonban a lakások átlaghőmérséklete. Ez azonban sajnos nem kizárólagosan a szigetelési technológia széles körű elterjedésére vezethető vissza, hanem a drasztikus mértékben megnőtt tüzelőanyag-felhasználásra is (Kemp, M. 2010). A fenti jelenség káros következményeit erősíti, hogy az EU összes országában gyorsabban nő a háztartások száma, mint a népesség. Ez sajnos egy főre vetítve még nagyobb lakásokhoz, még több berendezéshez, magasabb energiafogyasztáshoz vezet.

Konklúzió

Az eddigiek alapján jól láthatóvá vált, hogy az épületeinkben óriási energiamegtakarítási lehetőségek rejlenek. Ezek léptéke a dunaiújvárosi Solanova panelépület üzemeltetési tapasztalatai szerint 85-90%. A Negajoule tanulmány szerint országos kitekintésben a családi házak esetében érhető el a legnagyobb mértékű megtakarítás. Határozott véleményünk, hogy az

egységnyi fűtött lakóterületre eső energiafelhasználás kapcsán a forgatókönyvünkben 2050-ig elérendő célként meghatározott 75%-os csökkentés nem csak tartható, de akár túl is szárnyalható. Ezt annak ismeretében is kijelenthetjük, hogy a 90% körüli megtakarítás, csak egy-egy épületre vonatkozó érték, ám forgatókönyvünkben pedig a teljes magyarországi lakásállományra kell becsléseket tenni.

A felújításokkal kapcsolatos hajlandóság felmérésére az Energiaklub végzett kutatást. E szerint a megkérdezett lakosság 57%-a csak akkor fogna hozzá a beruházásokhoz, ha az állam is hozzájárulna a költségekhez. Azok, akik amúgy is szerettek volna valamilyen energiahatékonyságot növelő beruházást végrehajtani a háztartásukban, 55%-os állami támogatás mellett már bátran belevágnának a felújításokba. A legtöbben (54%) az ablakokat, ajtókat cserélnék le, szigetelnék a falakat, illetve korszerűsíténe a fűtési rendszerüket.

A pályázatok esetében – sőt a műszaki szabályozásban általánosságban is – meg kellene jeleníteni az energiafelhasználás más aspektusait is. Véleményünk szerint **az építőanyagokkal kapcsolatosan elvárásként kellene megfogalmazni a szállítást nem igénylő helyi anyagok minél nagyobb arányban történő alkalmazását** (megteremtve ennek műszaki feltételrendszerét is – ami vélhetően nem lehet annyira bonyolult, ha évszázadokkal ezelőtt sem okozott problémát), illetve **az építőanyagok legyártásához szükséges energia** (embodied energy), valamint a különféle szintetikus anyagokkal szemben favorizálni – és anyagilag is támogatni – kellene **a természetben lebomló építőanyagok alkalmazását**.

Felhasznált irodalom

Az Európai Parlament és a Tanács 2002/91/EC irányelve az épületek energiahatékonyságáról

Az Európai Parlament és a Tanács 2010/31/EU irányelve az épületek energiahatékonyságáról

Bohoczky F. (2008): Megújuló energiaforrások jövője Magyarországon www.mee.hu/files/images/3/Bohoczky.pdf

Csoknyai T. – Osztrólczyk M. (2009): Solanova projekt– Környezetbarát energiatudatos panelépület-felújítási mintaprojekt Dunaújvárosban. SOLANOVA. 15 p.

Dióssy L. (2008): Energiamegtakarítási lehetőségek a lakossági és kommunális szektorban

Elek L. (2012): Energy Efficiency Policies and Measures in Hungary; http://www.odyssee-indicators.org/publications/PDF/hungary_nr.pdf

Építéstani Intézet (2011): Használati útmutató passzív házakhoz. Forrás: http://eptan.fmk.nyme.hu/eptan/publikacio_files/Pass-HUN.pdf

Ertsey A. (2011): Az autonóm ház. Forrás: <http://tudasbazis.specialpecs.hu/download/attachments/5050432/Ertsey%20Attila%20Az%20auton%C3%B3m%20h%C3%A1z.pdf?version=1&modificationDate=1377031835715>

Ertsey A. – Medgyasszay P. (2013) A fenntartható építés kézikönyve, kézirat

Eurostat (2014): Final Energy Consumption by Sector – Residential (2001). <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/refreshTableAction.do?tab=table&plugin=1&pcode=tsdpc320&language=en> (letöltve: 2014. 01.26.)

Feiler J. – Ürge-Vorsatz D. (2010): Hosszú távú (2050) kibocsátás csökkentési célok Magyarország vonatkozásában. 47 p.

Fülöp L. - Szűcs M. - Zöld A. (2005): A napenergia passzív hasznosításának hazai potenciálja

Fülöp O. (2011): NegaJoule 2020 - A magyar lakóépületekben rejlő energiamegtakarítási lehetőségek. Energia Klub Szakpolitikai Intézet és Módszertani Központ. 25 p.

Hermelink, A. (2006): SOLANOVA. – European Conference and Cooperation Exchange. 15 p.

Hermelink, A. (2007): SOLANOVA– Symbiosis for Sustainability. – Konferencia előadás: European Forum on Eco-Innovation, Brussels, June, 2007.

IEA (2010): International Energy Agency Data Services. <http://data.iea.org/ieastore/statslisting.asp>

Kárász A. (2011): Energiafaló családi házak - Forrás: <http://www.zoldjovo.eu/201103szam/energiafalo-csaladi-hazak>

Kirby, A. (2008): Kick the Habit. A UN Guide to Climate Neutrality. UNEP, 202 p.

KSH (2010): A háztartások energiefelhasználása 2008. Központi Statisztikai Hivatal, 33 p. <http://portal.ksh.hu/pls/ksh/docs/hun/xftp/idoszaki/pdf/haztartenergia08.pdf>

Központi Statisztikai Hivatal (2011)

Magyarország Nemzeti Energhatékonyági Cselekvési Terve (2008)

Magyar Z. (2009): Az épületenergetika hatása az energiatakarékosságra. Konferencia előadás: 41. Nemzetközi Gázkonferencia és Szakkiállítás, Siófok

Major A. (2011): Lakásfelújítási támogatások újratöltve - Forrás: http://www.napi.hu/magyar_gazdasag/tamogatast_akar_a_lakasfelujitashoz_jo_lesz_sietni_az_ingyenmilliokert.489936.html

NegaJoule 2020 adatbázisok (2011)

Forrás: <http://www.negajoule.hu/kategoria/alfejezetek/beruhazasi-tervek>

Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia 2008-2025 (2008)

Nemzeti Energiastratégia 2030 (2011)

Nemzeti Épületenergetikai Stratégia (NÉeS), ÉMI 2013

Novák Á. (é.n.): A dunaújvárosi SOLANOVA projekt (ppt előadás)

Második Nemzeti Éghajlatváltozási stratégia 2014-2025 kitekintéssel 2050-re (szakpolitikai vitaanyag), 2013

http://nak.mfgi.hu/sites/default/files/files/NES_final_131016_kikuld_kozig_egyeztetes.pdf

ODYSSEE (2008): Energy Efficiency Trends and Policies in the Household & Tertiary sectors in the EU 27

<http://www.odyssee-indicators.org/publications/PDF/Overall-Indicator-brochure.pdf>

Ürge-Vorsatz D. – Novikova A. (2008): Klímapolitika. Szén-dioxid kibocsátás-csökkentési lehetőségek és költségeik a magyarországi lakossági szektorban.

Völner P. (2010): Magyarország és Közép-Európa energia szektorának a fejlesztési lehetőségei (a középületeket érintő szempontok).

Zöld A. (2010): Rövid összefoglaló a magyar épületállományról - Forrás: <http://www.e-gepesz.hu/index.php?action=show&id=1812>

6. A fenntartható közlekedés felé vezető út

6.1 A közlekedés problematikája komplex megközelítésben

Kertész Dávid – Dallos Emília Bernadett – Munkácsy Béla

Fejezetünk célja, hogy olyan alternatívát vázoljunk fel, ami lehetővé teszi az elérhető legalacsonyabb energiafelhasználást és szennyezőanyag-kibocsátást a hazai közlekedésben. Ezen cél elérését a személyi közlekedési módok és az áruszállítási ágazatok aktivitásának átstrukturálásával, valamint a járművek hatékonyságának radikális javításával véljük elérhetőnek. Az áruszállítás témaköre az „Erre van előre” 2011-ben publikált első verziójában szerepel részletesebben (Miklós Gy. et al. 2011).

Véleményünk szerint a közlekedéssel járó káros hatások csökkentésének érdekében többek között az alábbi változtatásokra van szükség – hazai és világviszonylatban egyaránt:

1. Műszaki fejlesztés (hatásfok növelése):

- a hatékonyabb, így alacsonyabb kibocsátású villamos hajtásra való átállás – az erőművek megújuló energiaforrásokra való átállásával párhuzamosan;
- a járművek önsúlyának csökkentése;
- fékezési energia visszanyerése és hasznosítása;
- anyagtakarékosság: hulladékmentes gyártási technológiák széleskörű alkalmazása, melléktermékek újrafeldolgozása.

2. Környezettudatos területfejlesztés és közlekedésszervezés:

- utazási igények csökkentése várostervezési eszközökkel (pl. munkahelyek és vásárlási lehetőségek közelítése a lakóhelyekhez);
- autóbuzsos gyorsközlekedés (BRT – bus rapid transit) rendszer fejlesztése, kötöttpályás közlekedés radikális fejlesztése, P+R parkolók kialakítása;
- környezetközpontú intermodalitás támogatása (közút-vasút: RoLa, közút-hajó: RoRo);
- autómegosztás (közforgalmú autózás – car sharing) széleskörű alkalmazása;
- forgalomirányítási berendezések összehangolása;
- a közösségi közlekedésben a menetrendek összehangolása.

3. Gazdaságpolitikai intézkedés:

- a helyi önellátó közösségek minél szélesebb körű támogatása – amivel csökkenthető az indokolatlan szállítmányozási tevékenység;
- útdíjak és dugódíjak alkalmazása a légszennyezés és a forgalom csökkentésének érdekében;
- indokolt esetben behajtási zónák létrehozása, ami akár a személygépjárművek a belvárosból való kitiltását is eredményezheti;
- a közlekedési igények radikális csökkentése pl. a távmunka támogatása révén;
- a lakosság ösztönzése a közösségi- és a gyalogos közlekedésre (például megfizethető jegyárak, kedvezmények bevezetésével);
- méret vagy teljesítmény alapján exponenciális mértékben növekvő adóteher a személygépjárművek használatára.

4. Emberi tényező:

- szemléletformálás a gyaloglás, a kerékpározás és a közösségi közlekedés szélesebb körben való elterjesztése érdekében (Kemp, M. [szerk.] 2010);

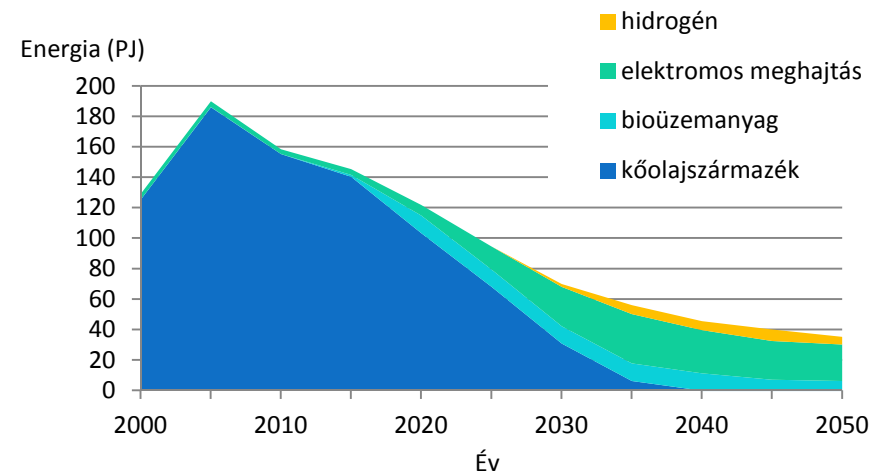
- az útvonaltervezés továbbfejlesztése és általánossá tétele;
- tudatos vezetési technikák intenzív oktatása.



47. ábra: Szemléletformáló kiadványok az Egyesült Királyságból (fotó: Munkácsy B.)

Számításaink szerint az előbbieken vázoltak következetes megvalósításával a közlekedés energiafelhasználása könnyen leszorítható akár a jelenlegi harmadára is 2050-re – a 2000-es bázisévhez képest (Miklós Gy. et al. 2011). Ehhez képest a brit ZeroCarbonBritain projekt ennél lényegesen nagyobb, 78%-os csökkentéssel számol, ráadásul 20 évvel rövid időkeretben, 2030-ig

(Allen, P. [szerk.] 2013). Elképzelésünk szerint a következő 5-10 évben kellene megindulnia a bioüzemanyagok és az elektromos hajtás szélesebb körű használatának. A bioüzemanyagok szinten tartása mellett 2025-től az elektromos meghajtás fokozatos dominanciáját és a megújuló alapú áramtermelésre támaszkodó hidrogénhajtás megjelenését várjuk, mint újabb alternatívát. Számításaink szerint – eltökélt környezetközpontú szabályozási politika alkalmazásával – 2040 környékén a kőolajszármazékokat kizárhatjuk a közlekedésből.



48. ábra: A hazai közlekedési szektor energiafelhasználása és forrásszerkezete a Vision Hungary 2040 forgatókönyvben (Miklós Gy. et al. 2011)

Személyi közlekedés

A személyi közlekedésben a legalacsonyabb hatékonysággal rendelkező, de ennek ellenére napjainkban mégis nagy számban igénybevett járművek (személygépjármű, repülő) csökkentését tűztük ki célul az elkövetkező évtizedekre. Ezt kizárólag olyan módon tartjuk elérhetőnek, ha ezzel egyidejűleg arányosan növeljük a lényegesen jobb energiahatékonysági mutatókkal bíró közösségi közlekedés súlyát, az ebben részt vevő eszközök számát, illetve a szolgáltatás minőségét. Hogy az emberek szívesebben válasszák a közösségi közlekedést, vonzó alternatívává kell ezt tennünk részben folyamatos felújítással, illetve új járművek beszerzésével – melyek a már ma is elérhető villanybusz, hibridhajtású gázbusz technológiákra alapozva egyúttal környezetbarátak is lennének.

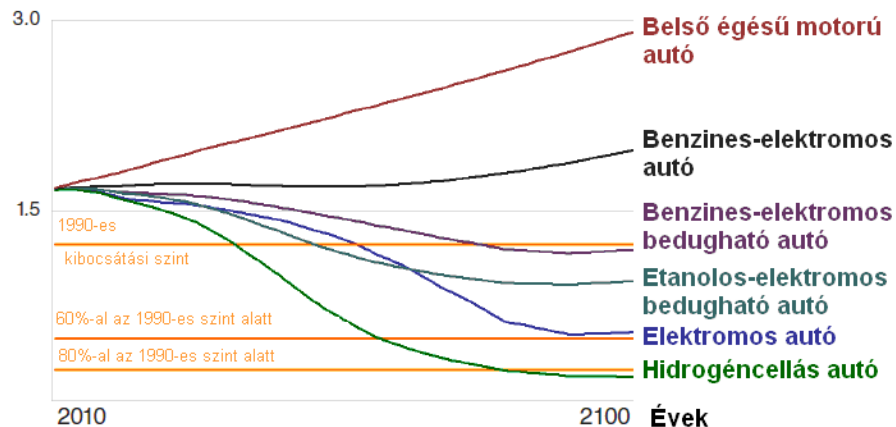


49. ábra: Dízel-elektromos hibridhajtású autóbusz a németországi Lüneburgban (2011) (fotó: Munkácsy B.)

Az utasszállítás terén jelenleg a személygépjármű a leggyakrabban használt közlekedési eszköz, hiszen az Európai Unióban az össz-utaskilométerek 72%-át személyautókkal tesszük meg (EEA 2010). Érdekes, hogy ebben a tekintetben hazánk szerencsés helyzetben van, hiszen a statisztikai adatok tanúsága szerint nálunk ez a részarány az egyik legalacsonyabb, 60%-nál alig magasabb. Hazánkban jelenleg mintegy 3 millió autó fut az utakon, tehát majdnem minden harmadik lakosra jut egy személygépkocsi (KSH 2011). Az Amerikai Egyesült Államokban, ahol az autóhasználat sokkal nagyobb hangsúlyt kap, komoly tanulmányok készültek ebben a témakörben, melyek közül az egyik legjelentősebb a Nemzeti Hidrogén Társaság munkája (NHA 2009). E szerint – az autók számának és a megtett távolság növekedése ellenére – az üvegházhatású gázok kibocsátását csökkenteni lehetséges volna, mégpedig legjobban a hidrogéncellás járművekkel, akár az 1990-es kibocsátási érték 20%-ára. Az akkumulátoros autó esetén az 1990-es kibocsátási érték majdnem 60%-kal csökkenthető – persze attól függően, hogy milyen erőműből nyerjük a villamos energiát.

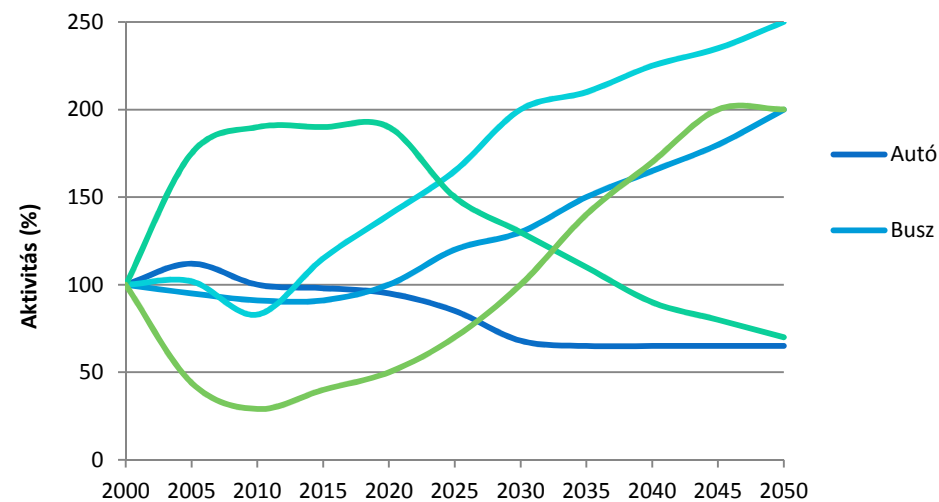


50. ábra: Tüzelőanyag-cellás autók (fuel cell electrical vehicles - FCEV) Kopenhágában (fotó: <http://www.hydrogenlink.net/>)

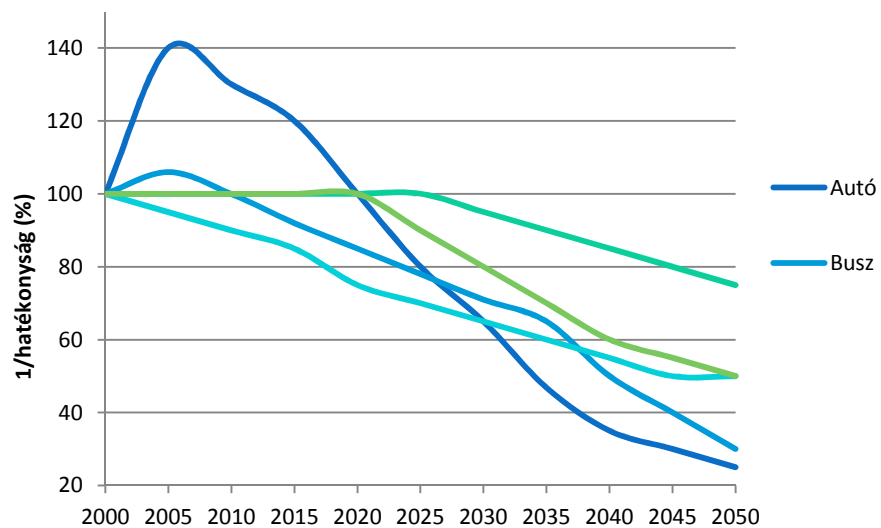


51. ábra: A különböző meghajtású gépjárművek által kibocsátott üvegházhatású gázok mennyiségének változása az idő függvényében (mrd tonna szén-dioxid-egyenértékben számítva) – (NHA 2009)

Fontos azonban a személyszállító járművek aktivitásának és ennek figyelembe vételével a közlekedési rendszer egészének hatékonyság szempontjából történő modellezése is. Ehhez projektünkben a Nemzetközi Energia Ügynökség alapadatait és INFORSE-Europe xls-alapú alkalmazását használtuk.



52. ábra: A személyszállítási tevékenység aktivitásának forgatókönyvünkben tervezett változása (Miklós Gy. et al. 2011)



53. ábra: Az egyes közlekedési eszközök energetikai hatékonyságának várható javulása (Miklós Gy. et al. 2011)

Rendkívül lényeges, hogy a gépjárművek kapcsán mind a motorok hatásfokának terén, mind a használatának módjában változás álljon be. A probléma egyik lényeges eleme, hogy a felhasznált energia döntő többsége a gépjárművek saját tömegének továbbítására fordítódik – vagyis egy 1500 kg tömegű, napjainkban közepes méretűnek számító autó esetében az üzemanyagnak csak igen szerény részét használjuk a 60-90 kg-os gépjárművezető célba juttatására. Lényegesen jobb a helyzet a későbbiekben tárgyalandó (elektromos) kerékpárokkal, ahol a jármű saját tömege elenyésző (az elektromos kerékpárok esetében is csak 20-25 kg), így a felhasznált energia valóban az utazni vágyó közlekedését szolgálja.



54. ábra: Az autómegosztás már 1943-ban is az erőforrásgazdálkodás fontos eszköze volt – II. világháborús propagandaplakát az Amerikai Egyesült Államokban (<http://commons.wikimedia.org>)

A továbblépésnek tehát láthatóan több iránya van:

- a) átgondolt cél- és járműválasztás – csak valóban indokolt esetben közlekedjünk és még inkább indokolt esetben válasszunk személygépjárművet;
- b) a járművek jobb kihasználása (több utas szállítása);
- c) a kisebb méretű és tömegű közlekedési eszközök fejlesztése és elterjesztése;
- d) az energiaátalakítás hatásfokának javítása.



55. ábra: A méret- és súlynövekedés tendenciája az egyre rosszabb hatásfok irányába mutat

Az **elektromos** meghajtásra való áttérés az utóbbi vonatkozásban jelentene áttörést, hiszen – magát a gépjárművet tekintve a rendszerhatárnak (tank-to-

wheel) – a villanymotorok alkalmazása 55-80%-os hatásfok elérését teszi lehetővé – szemben a belsőégésű motorok maximum 18-22%-os értékével (EABEV 2008). A hazai villamosenergia-rendszerben a fajlagos, nettó villamosenergia-termelésre számított szén-dioxid-kibocsátás 320 g/kWh CO₂ (MAVIR 2013). Az elektromos autók 0,10-0,15 kWh/km energiafelhasználásával számolva ez napjainkban kb. **32-48 g CO₂/km** kibocsátást jelent, ami jóval az EU jelenlegi elvárásai – **2015-re 130 g; 2020-ra 95 g CO₂/km** – alatti érték. Ahogyan egyre nagyobb részarányt érünk el a megújuló erőforrásoknak az áramtermelésbe történő integrálásában, úgy csökken lépésről lépésre ez az érték, és elméletileg megközelítheti akár a nulla emissziós értéket is – ugyanakkor más jellegű szennyező hatással a továbbiakban is számolni kell, így lényeges például olyan technológiákra fókuszálni, amelyek a későbbiekben vélhetően nagy mennyiségben keletkező akkumulátorhulladékok újrafeldolgozására megfelelő lehetőséget kínálnak.

Forgatókönyvünkben 2030-tól számolunk különféle **hidrogénüzemű**, alapvetően **tüzelőanyag-cellás elektromos járművek** üzembe állításával. 2040-ben a közúti közlekedésben ennek a másodlagos energiahordozónak a részaránya 15% (5,8 PJ), 2050-ben pedig 20% (a hatékonyságnövekedésből fakadó csökkenő energiaigény miatt már csak 5,2 PJ).

Európában már 2012 tavaszán csaknem 150 hidrogén töltőállomás működött az EU-ban, ebből 41 Németországban. Az állomások nagy részét tömegközlekedési vállalatok üzemeltetik, így Németországban 2013 szeptemberében még csak 15 nyilvános kút állt az átlagfogyasztók rendelkezésére – igaz, 2015-re a nemzeti program keretében 50 ilyen működtetését tűzték ki célul.

A hidrogén alkalmazásaival járó kihívások legyőzése után a tüzelőanyag-cella alkalmazása az akkumulátoros energiatárolásnál is jobb hatásfok elérését teszi lehetővé.

a) Míg alacsony sebességnél igen magas hatásfok érhető el, addig magasabb sebességnél az akkumulátor egyre nagyobb áramokat kell szolgáltatson, ezért nem tudja leadni az elméletileg eltárolt töltést. Drasztikusan növelve a sebességet a jármű a tervezett hatótávolságának a negyedét sem éri el. Ezzel szemben a tüzelőanyag-cellás járműben a cella folyamatosan tölt, így a rendszer mindig az optimális tartományban tud működni, ezért a hatótávolságra a sebességnek jóval kisebb hatása van (Kertész D. 2011).

b) A hatótávolság növelése ugyancsak a tüzelőanyag-cellás járművek esetében oldható meg hatékonyabban. Ugyanis a hatótáv megkészszerzéséhez a tüzelőanyag-cellás járműnél nem kell az egész rendszert duplázni, csak a hidrogén palackok térfogatát. Az akkumulátoros verziónál a tárolt áram kétszeresítésével a jármű hatótávolsága a súlygyarapodás miatt nem nő a duplájára. Ennek oka, hogy a nagyobb tömeg mozgatása nagyobb áramokkal terheli az akkumulátort, ezért a Puekert-kapacitás okán nem lehet ugyanakkora töltést kivenni az akkumulátorból, mint kisebb áramoknál (Kertész D. 2011).



56. ábra: Elektromos járművek töltőpontja a bükkábrányi önkormányzat épülete előtt (fotó: Munkácsy B.)

Az elektromos autók érdemi elterjedésének megindulását forgatókönyvünkben 2020-tól látjuk reálisnak. Rövid- és középtávon a **bioüzemanyagok** helyettesíthetik részlegesen a kőolajat. Ezek növekvő térhódítása azonban nem járhat együtt a biodiverzitás szempontjából értékes területek művelésbe vonásával, ezért kalkulációinkban nem számoltunk a nemzetközi elvárásoknál magasabb részarányral, ami forgatókönyvünkben 2020-2030 között 12 PJ energiamennyiség felhasználását jelenti (Miklós Gy. et al. 2011).

Felhasznált irodalom

Allen, P. szerk. (2013): Zero Carbon Britain: Rethinking the Future. Centre for Alternative Technology. Machynlleth, Powys. 214 p.

Civin V. (2009): Környezeti, szociális és társadalmi jelentés http://tasz.hu/files/tasz/imce/kornyezeti_jelentes_2009_tanusitva.pdf (2011. 07. 22.)

EABEV (2008): Energy consumption, CO2 emissions and other considerations related to Battery Electric Vehicles. European Association for Battery Electric Vehicles. 21 p. http://ec.europa.eu/transport/themes/strategies/consultations/doc/2009_03_27_future_of_transport/20090408_eabev_%28scientific_study%29.pdf

EEA (2010): Towards a resource-efficient transport system. Indicators tracking transport and environment in the European Union. European Environment Agency 2010/2. <http://www.eea.europa.eu/publications/towards-a-resource-efficient-transport-system> (2010. 10. 17.)

Jakab A. (2008): Az EU-források hatékonyabb megszerzése és felhasználása a vasúti fejlesztések területén, Budapest 21 p. A MÁV Zrt. Pályavasúti üzletág közép-távú üzleti stratégiai kiadványa 2008

Kemp, M. [szerk.] (2010): Zero Carbon Britain 2030. Centre for Alternative Technology. 384 p.

Kertész D. (2011): A hidrogéncellás és elektromos járművek vizsgálata. Diplomamunka

KSH (2011): stADAT-táblák - Idősoros éves adatok – 5.10. Környezetvédelem - Légszennyező anyagok kibocsátása (1990-2009) http://portal.ksh.hu/pls/ksh/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_ua002.html (letöltve: 2011. 07. 26.)

Levegő Munkacsoport (2010): Korommentes Levegőt!

Lukács A. - Pavics L. (2006): Az energiahatékonyság nemzetgazdasági lehetőségei a közlekedésben. Budapest.

Lukács A. - Pavics L. (2007): A sínek tovább bírják. Levegő Munkacsoport, Budapest. 44 p.

MacKay, D. (2009): Sustainable Energy – Without the Hot Air. Cambridge. 383 p.

MAVIR (2013): A Magyar Villamosenergia-rendszer közép- és hosszútávú forrásoldali kapacitásfejlesztése. Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító ZRt. 94 p.

Merétei T. – Uhlik K. (2011): KTI grafikus adatbázis. <http://www.kti.hu/index.php?mact=Album,m5,default,1&m5albumid=125&m5page=4&m5returnid=503> (2011. 07. 23.)

Miklós Gy. – Munkácsy B. – Györe Á. – Nyeste A. (2011): A fenntartható közlekedés felé vezető út 2050-ig. in: Munkácsy B. (szerk.) Erre van előre. Egy fenntartható energiarendszer keretei Magyarországon - Vision 2040 Hungary pp. 66-79.

NHA (2009): The Energy Evolution – an analysis of alternative vehicles and fuels to 2100. National Hydrogen Association. 45 p.

Napi Hírek (2013) <http://www.napi-hirek.hu/hirek/tartalom/evente-16-ezer-magyar-hal-meg-a-levegoszennyezés-miatt/540329/1>

Rixer Attila – Tóth Lajos (2003): Az EU közös áruszállítási- logisztikai politikája. EU working papers 1/2003, 12 p.

6.2 A városi közösségi közlekedés újragondolása

Tunyogi Bendegúz

A tömegközlekedési eszközök szennyezőanyag-kibocsátása és energiafelhasználása adott utaskilométerre vetítve jóval alacsonyabb, mint az egyedi közlekedésű autóké, éppen ezért a jövő közlekedési rendszere nem képzelhető el a közösségi közlekedés mélyreható reformja, radikális megerősítése nélkül. A szabályozási eszközök együttes alkalmazásával el kell érni, hogy ezek részarányát növeljük – figyelembe véve azt a problémát, hogy a közösségi közlekedés eszközei csak abban az esetben hatékonyak és környezetkímélőek, ha kihasználtságuk megfelelő. Energiahatékonyság tekintetében a közösségi közlekedés különféle megoldásai közül 3-6 kWh/100 utaskilométeres energiaigényükkel egyértelműen a **villamos vontatású vonatok** viszik a prímet (MacKay, D. 2009). Valós üzemi körülmények között az **autóbuszok** átlagosan 32 kWh/100 utaskilométer energia felhasználásával éppen feleannyi üzemanyagot igényelnek, mint napjaink átlagautói (MacKay, D. 2009). Vagyis a buszok intenzívebb alkalmazása már önmagában jelentős mértékben csökkenti a közlekedési rendszer egészének energiaigényét – ebből a megfontolásból, ezek használatának mértékét forgatókönyvünkben a 2000. évi értéknek a duplájára emelnénk 2050-re. Munkánk során az autóbuszok hatékonyságának növelésével is számoltunk, mégpedig nemzetközi trendeknek megfelelően megközelítőleg a 4-es faktort vettük számításba, így további jelentős energiamegtakarítást tételeztünk fel. A **dízel-elektromos hibridüzem** révén a gyártók már most 25%-os üzemanyag-megtakarítást garantálnak. Ennél is komolyabb hatásfok-növelés érhető el a plug-in rendszerű **akkumulátoros-elektromos** autóbuszok alkalmazásával. Ezeknek világszerte már ma csaknem 20 gyártója ismert. A tesztüzem szakaszában lévő **hidrogénüzemű** autóbuszok megjelenésével még jobb eredmények

érhetőek el – egyelőre Oslóban, Londonban, Milánóban, illetve több német városban közlekedhetnek az utasok ilyen járművekkel. A hatékonyság növeléséhez hozzájárul a szervezés, a menetrendek összehangolása, valamint a helyes buszméret megválasztása. A nagyvárosokban további buszsávok, illetve a **kötöttpályás gyorsautóbusz-rendszerek** (BRT) kialakítása is számításba jöhet – ez utóbbira számos nagyszerűen működő példa akad a világban (Curitiba, Bogota, Guangzhou [Kanton], Isztambul) (Miklós Gy. et al. 2011).

A **villamosok** energiafelhasználás szempontjából igen kedvező megoldást jelentenek, hiszen 100 km megtételéhez átlagosan 9 kWh villamos energiát használnak egy utasra vonatkoztatva – valós üzemi körülmények között, több éves tapasztalat szerint (MacKay, J.C. 2009). A villamos üzemű közlekedés másik lehetősége a **trolibusz**, amelynek működtetése az energiafelhasználás szempontjából a villamossal vethető össze, így például az autóbuszhoz képest mintegy háromszoros energiahatékonysággal üzemeltethető. Annak köszönhetően, hogy nem a sűrűn lakott városi környezetben szennyez, bizonyosan szerencsésebb választás a hagyományos buszokhoz képest, ám a szükséges infrastruktúra kiépítése és az új járművek beszerzése nagyobb beruházást igényel.



57. ábra: Költség- és erőforráshatékony kapacitásbővítés a luzerni (Svájc) trolis járatán – 2009 (fotó: Munkácsy B.)

A KSH adatai szerint a **vízi közlekedés** terén a magyarországi helyközi személyszállításban egy évtized távlatában közel 70%-os csökkenés következett be az utazók számában. Tovább rontja képet, hogy az utasok túlnyomó többsége újabban a turizmus révén került be a statisztikába. Megítélésünk szerint hatékonyabb technológiával, jobb szervezéssel – minimális tőke bevonása árán – elképzelhető lenne, hogy a hajózás a helyközi, esetlegesen a helyi személyközlekedésben is nagyobb teret nyerjen. Budapest esetében például a város északi és déli részét 30 km távban köti össze a Duna. A folyó mentén nincsen teljes hosszban megoldva sem a kötött pályás, sem a közúti tömegközlekedés, így kézenfekvő lenne a hajózási szolgáltatás igénybevétele – feltéve, ha bővülne a meglévő vízi közlekedési rendszer és tovább javulna színvonala. Kiaknázandó lehetőség rejlik még a budapesti agglomeráció északi és déli részén fekvő települések közlekedésének diverzifikálásában is. A Dunakanyarban a folyó jobb partján is

számos olyan település található, amelyek nem állnak vasúti összeköttetésben a fővárossal, így a beutazók csak személygépkocsival vagy busszal, általában a dugóban araszolva közelíthetik meg a centrumot. Forgatókönyvünkben azt feltételeztük, hogy a vízi személyszállítás volumene – a jelenlegi zuhanórepülést követően – 2030-ra újra elérné a 2000. évi szintet, majd tovább bővíthetne. 2045-re már a 2030-as szállítási teljesítmény megduplázódásával kalkuláltunk. Ez a növekedés azonban nem járna az energiaforrások nagyobb mértékű felhasználásával, mert a vízi személyszállítás hatékonyságát forgatókönyvünk szerint 2050-ig a duplájára kell emelni. Ennek alapja egyfelől az előregedett flotta folyamatos lecserélése, másfelől az új típusú hajtásláncok (villanymotorok) és üzemanyagok (hidrogén) bevezetésével járó jelentős hatékonyságnövekedés (Miklós Gy. et al. 2011).

Mai ismereteink szerint a légitözlekedés fenntarthatósága a leginkább vitatható, ráadásul ebben az ágazatban az energiahatékonyság további fokozására már kevés mozgástér maradt (MacKay, D. 2009). A racionalizálás, vagyis a kihasználtság javítása azonban még rejt további lehetőségeket, amit az igazol, hogy az e tekintetében legsikeresebb cég (egy európai fapados légitársaság) a repülőgépek energiafelhasználását 100 utaskm-re vetítve 37 kWh-ra szorította vissza (ami összevethető azzal, amikor egy személyautóban két fő utazik), míg a szektor átlagos mutatója **50-55 kWh/100 utaskm**. Forgatókönyvünkben a légi utasszállítás volumenét a 2000. évi érték 70%-ára szorítottuk vissza 2050-ig (Miklós Gy. et al. 2011).

A korszerű közösségi közlekedés mozgatórugója az **informatikai háttér**: a Közúti Közlekedés és Forgalom Telematika (RTTT) lehetővé teszi az Utas Tájékoztató Rendszerek (PIS) működtetését, és a naprakész, valós idejű információk áramlását. A felhasználó orientált közösségi közlekedés legfontosabb célkitűzése a fogyasztói kereslet és a szolgáltatói kínálat

összehangolása, mely nem csupán a mobilitási színvonal emelkedésével jár, hanem a pénzügyi megtérülést is célozza (Mulley, C. – Nelson, J. 2009).

A rugalmas közlekedési szolgáltatások közül a leginkább kidolgozott megoldások a) a háztól-házig („door-to-door”) vagy tárcsázz egy fuvarért („dial-a-ride”), illetve a b) a vedd fel - tedd le („pick up, drop off”). A door-to-door az alulról felfelé szerveződés elvet követi, melynek célja a végfelhasználói igények közvetlen módon történő kielégítése (Brake, J. – Nelson, J. 2007). Az utazni kívánó személy meghatározott idővel az utazás előtt jelzi, hogy mikor és hová szeretne utazni, a szolgáltató pedig a rendelésekhez igazodva megszervezi az útvonalakat (Mulley, C., – Nelson, J. 2009). Az időskorúak körében igencsak preferált megoldás hátránya, hogy korlátozott a spontán utazás lehetősége. Ezen probléma orvoslására a pick up, drop off kínál lehetőséget. Ebben a rendszerben kijelölt operációs zónák állnak a felhasználók rendelkezésére, ahol az utazást meg lehet kezdeni, illetve be lehet fejezni. Az informatikai rendszer ellátja szervezési feladatokat, és az érintett járművek a lehetőségekhez mértén szállítják az utasokat (Brake, J. – Nelson, J. 2007). Ez a megoldás az utasok részéről is megkövetel egyfajta rugalmasságot, de ez semmiféleképpen sem haladja meg a jelenlegi rendszerhez való alkalmazkodás mértékét (menetrend, megállók elhelyezkedése).

A kötetlen vagy félig kötött útvonalakon kívül szükség van menetrend szerinti járatokra is. Ez magában hordozza a költséghatékonyság romlását, hiszen mindig – bár eltérő mértékben – mutatkozik kihasználatlan kapacitás. A menetrend-alapú közösségi közlekedés tekintetében az előző fejezetben már említett gyorsbuszok (BRT) kínálják a legmagasabb hatékonyságot. A rendszer előnye a kereslethez való könnyebb igazítás lehetősége, és a hagyományos kötöttpályás megoldásokhoz hasonló befogadási kapacitás és nagy járatsűrűség. A kötöttpályás közlekedési módok számos előnnyel bírnak (befogadóképesség, fogalomtól való függetlenség, elektromos-alapú

rendszer), de az üzemeltetési költségek a speciális infrastruktúra karbantartása miatt igen magasak lehetnek (Edwards, M. – Mackett, R. 1996).

Mindezen módszerek és megoldások segítségével a lakosság körében a személygépjárművek igénybevételében 2040-re jelentős visszaesés, a 2000-es bázisév-hez képest 35%-os csökkenés vizionálható. Ez természetesen magában hordozza az a kihívást, miszerint számottevő kapacitásbővítésre és minőségjavításra van szükség a közösségi közlekedési vállalatok működésében: 2040-re akár 80%-kal nőhet az autóbusz alapú közösségi közlekedés.

Felhasznált irodalom

Brake, J. – Nelson, J. (2007): A case study of flexible solutions to transport demand in a deregulated environment, *Journal of Transport Geography*, 15. 4. pp 262-273

Edwards, M. – Mackett, R. (1996): Developing new urban public transport systems: An irrational decision-making process, *Transport Policy*, 3. 4. pp 225-239.

Miklós Gy. – Munkácsy B. – Györe Á. – Nyeste A. (2011): A fenntartható közlekedés felé vezető út 2050-ig. in: Munkácsy B. (szerk.) *Erre van előre. Egy fenntartható energiarendszer keretei Magyarországon - Vision 2040 Hungary* pp. 66-79.

Mulley, C. – Nelson, J. (2009): Flexible transport services: A new market opportunity for public transport, *Research in Transportation Economics*, 25. 1. pp 39-45.

6.3 A kerékpáros közlekedésben rejlő lehetőségek

Meleg Dániel – Munkácsy Béla

A kerékpár az egyik leginkább környezetbarát közlekedési mód, így nem hiányozhat energiaforgatókönyvünkéből. Ez a fejezet bemutatja a kerékpározás előnyeit és jelenlegi helyzetét, majd felvázolja azt az utat, amivel 2040-ig jelentősen lehetne növelni a közlekedésben betöltött szerepét.

1. A kerékpározás előnyei

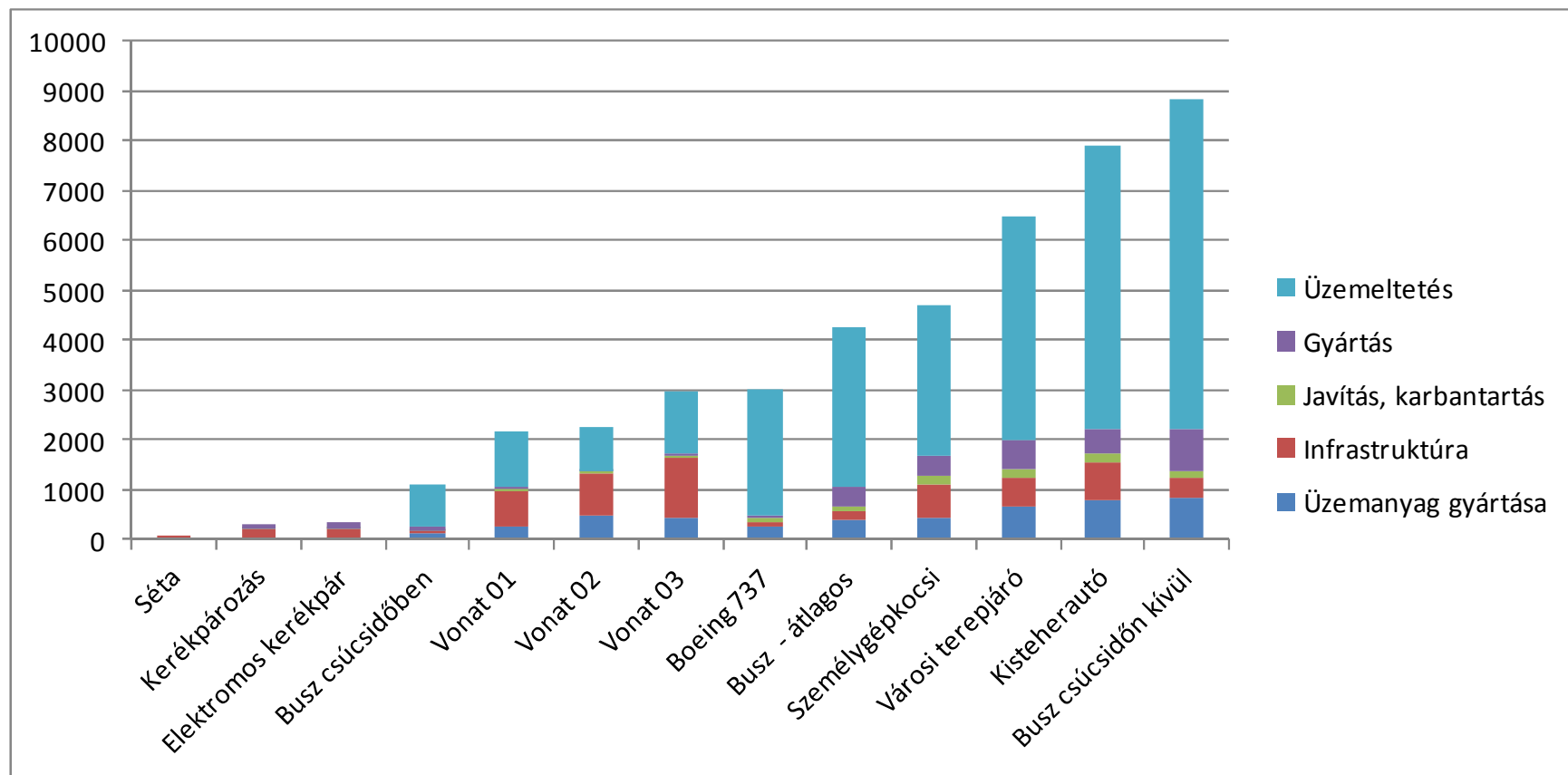
A kerékpározás az **egyik legkisebb energiaigényű közlekedési mód**. 100 utaskilométer megtételéhez mindössze 1,5 kWh energia szükséges (MacKay, D. 2009). Ilyen kis értékekkel csak a gyaloglás és az elektromos vasút versenyezhet – ez utóbbi csak igen magas kihasználtság esetén. A kerékpárt az emberi izomerő hajtja meg, tehát **energiaforrása megújuló**, bár az élelmiszer előállításához (ma még) fosszilis energiát is felhasználnak. Összehasonlítva egy átlagos személygépkocsi energiaigénye 1 utassal számolva 80 kWh/100 utaskm, míg az egyre terjedő városi terepjáróké még magasabb: 113 kWh/100 utaskm (58. ábra). A kerékpárét sokszorosan meghaladó energiaigényeket ráadásul ezek a járművek fosszilis alapú üzemanyaggal elégitik ki.

Az alacsony energiaigény mellé **alacsony üvegházhatásúgáz-kibocsátás** is társul. Bár a kerékpár közvetlenül nem bocsát ki semmilyen káros anyagot, a

teljes életciklust vizsgálva mégis jelentkezik egy nagyon kismértékű környezeti hatás. A kerékpár gyártásából és fenntartásából 5 g CO₂e/km kibocsátás adódik. A teljes életciklus leglényegesebb elemeit végigtekintve, vagyis gyártást, fenntartást és a működtetést összegezve **a kerékpározás üvegházgáz-kibocsátása 21 g CO₂e/utaskm** (ECF 2011) – melynek legnagyobb része az infrastruktúra létrehozásához kapcsolódik. Érdekes módon az elektromos ráségítéssel dolgozó kerékpár, a **pedelec** kibocsátása ezt a szintet alig haladja meg, mutatója **22 g CO₂e/utaskm** (ECF 2011).

Más közlekedési módokkal összehasonlítva a kerékpározás az üvegházgáz-kibocsátás szempontjából is az egyik leginkább környezetbarát megoldás. Városi környezetben, átlagos (2 fő alatti) kihasználtság mellett **a személygépkocsi 271 g/utaskm** kibocsátással rendelkezik, de még az **autóbusz 101 g/utaskm** értéke is messze meghaladja a kerékpárét (ECF 2011) – ráadásul úgy, hogy a gépjárműveknél nem a teljes életciklussal, hanem csak az üzemeltetés kibocsátásával számoltunk. Mindemellett azt is látni kell, hogy a kihasználatlanul üzemeltetett buszjáratok **A kerékpározás tehát kiváló eszköz a klímaváltozás elleni harcban**, mert – más közlekedési módokat kiváltva – a leginkább problémás szektorban, a közlekedésben képes jelentősen csökkenteni az üvegházhatású gázok kibocsátását.

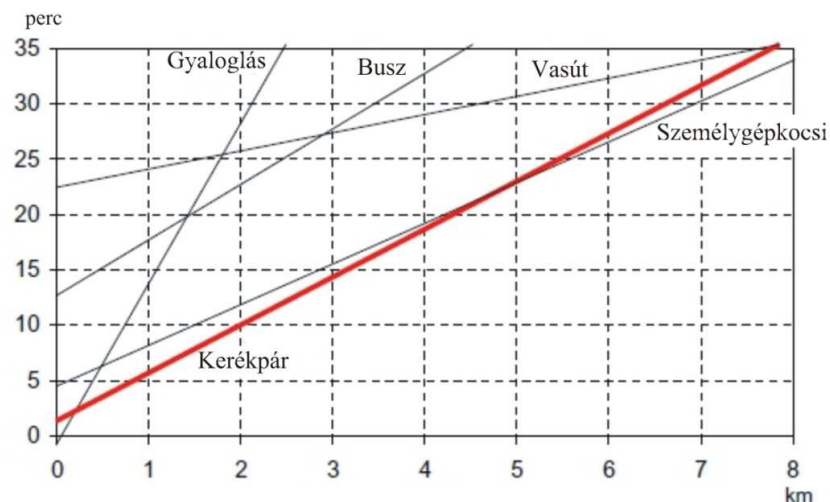
A kerékpározás a kedvező energiagazdálkodási jellemzőin túl további előnyökkel rendelkezik. **Csendes és nem bocsát ki légszennyező anyagokat**, ezáltal képes mérsékelni a városokban komoly problémát jelentő zaj- és légszennyezést.



58. ábra: Különbéféle közlekedési módok energiaigénye a teljes életciklusban (szerk.: Dave, S. 2010 alapján Meleg D.)

A kerékpár **gyors és kiszámítható**. Városi környezetben, 200 m és 5 km közötti utakon a leggyorsabb közlekedési mód, de 8 km-en is csak pár perc hátránya van az autóval szemben (59. ábra). Ennek oka az, hogy az autók a gyakori torlódások miatt a megengedett sebességnél jóval lassabban tudnak csak haladni, valamint a parkolóhely keresése is időbe telik. A kerékpár viszont – megfelelő infrastruktúra esetén – nem kerül torlódásba, és parkolása a célállomás közelében egyszerűen és gyorsan megoldható (ajtótól

ajtóig utazás). A kerékpározás jól tervezhető, kiszámítható. Mind a forgalmi akadály, mind a műszaki meghibásodás kockázata alacsony.



59. ábra: A különféle közlekedési módok gyorsasága városi környezetben (Európai Bizottság 1999)

A kerékpár tehát a településeken belüli **rövid utazásokra ideális**, és mivel a megtett utak jelentős része kis távolságú, **a kerékpározás térnyerésére nagy reményeink lehetnek**. Magyarországon 2012-ben az utazások 70%-a településeken belül történt, és a személygépkocsival megtett átlagos távolság 17 km volt (KSH 2013), ami azt jelenti, hogy az autós utazások jelentős része nem haladta meg a kerékpárral is versenyképesen megtehető 8 km-t.

A kerékpározás **egészséges**, remek lehetőséget kínál a testmozgásra. A rendszeres, napi fél órás tekerés – többek között – a felére csökkenti a szív- és érrendszeri betegségek, a cukorbetegség és az elhízás kockázatát (WHO 1999). A kutatások szerint nem igaz az az állítás, hogy a szennyezett levegőjű településeken történő kerékpározás károsabb az egészségre, mint más közlekedési formák (Magyar Kerékpárosklub 2013). A kerékpározás közvetett

módon, a zaj- és légszennyezés csökkentésével is hozzájárul a népesség egészségi állapotának javulásához.

A kerékpározás **gazdasági előnyökkel is jár**. A civil szervezeteket tömörítő Kerékpáros Kerekasztal számítása szerint a kerékpározás fejlesztését szolgáló beruházások a befektetett pénz legalább 125%-át termelik ki (Kerékpáros Kerekasztal 2013). A megtakarítás a halálozás csökkenéséből az egészségesebb, a munkából ritkábban kieső népességből és a kevesebb fosszilis tüzelőanyag-felhasználásból tevődik össze. A fenti számítás által figyelembe nem vett további előny, hogy a kerékpározás növekedésével mérséklődnek a forgalmi torlódások, így időmegtakarítás érhető el. A motorizált közlekedés kiváltásával annak externális költségei sem jelentkeznek. Egy kerékpár beszerzési és fenntartási költsége a töredéke egy személygépkocsiénak, ezért a társadalom nagy részének elérhető, ami segítheti az elterjedését. A kerékpáros infrastruktúra kiépítése is sokkal olcsóbb a közutakénál. 2007 és 2012 között 1 km kerékpáros útvonal átlagosan 35 millió Ft-ba került (Viteco Kft. – Terra Studio Kft. 2013). A ma még ritkán alkalmazott, de általában kedvezőbb kerékpársáv még ennél is olcsóbb. Drágább viszont az autópályák építése, hiszen ez esetben 2000 millió Ft/km körüli összegekről szólnak a hazai híradások – míg a szomszédos Horvátországban ugyanez akár 330 millióból megépíthető...

A kerékpározás **kevés helyet igényel**, ami különösen a zsúfolt belvárosokban nagy előny. Egy városi környezetben lévő 3,5 m széles úton 1 óra alatt bicikkel 14 ezer, míg személygépkocsival csak 2 ezer ember tud áthaladni (Európai Bizottság 1999). A kerékpározás így folyamatosabb forgalmat tesz lehetővé. Ezek parkolása is sokkal helytakarékosabb, mint az autóké.

Kerékpározni öröm. A bicikli olyan utazási élményt és szabadságot kínál, ami egyre több embert vonz. A sokszor stresszes autós közlekedéssel szemben a kerékpározás remek lehetőséget nyújt a kikapcsolódásra, megfelelő

átmenetet biztosítva a munka vagy tanulás és a magánélet között. Különösen a fiatalok körében ma már divatnak számít. Ezt a hatást nem szabad lebecsülni, mert sokan nem környezettudatosságból, hanem egyszerűen az utazási élmény miatt kezdenek el biciklivel közlekedni.

Az előnyöket összegezve a kerékpározás környezetbarát, gyors, egészséges, olcsó és egyedülálló utazási élményt kínáló közlekedési mód, ami leginkább települési környezetben, kis távolságokra ideális választás.

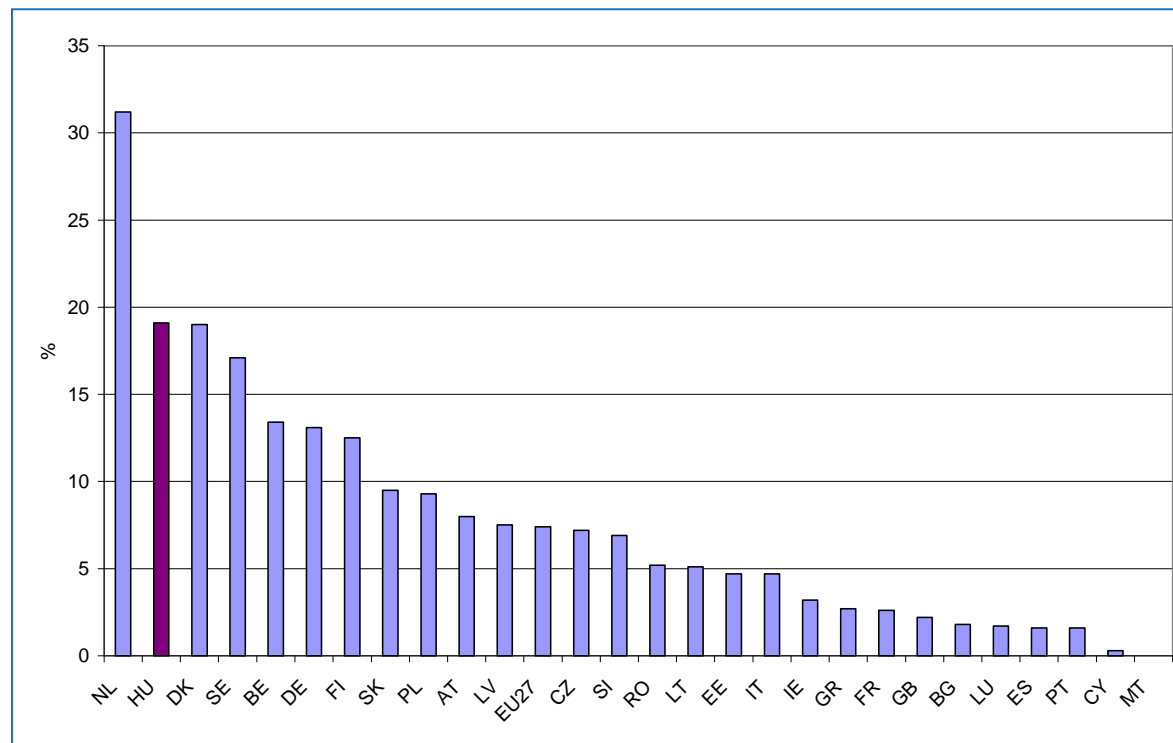
2. A kerékpározás adottságai és jelenlegi helyzete

A kerékpározást a **természeti adottságok** közül a domborzat és az éghajlat befolyásolja. Magyarország mindkét szempontból jó helyzetben van. A népesség nagy része síkvidéken él, az éghajlat pedig sokkal inkább „kerékpárosbarát”, mint a biciklizés vezető térségében, a hűvösebb, szelesebb és csapadékosabb Északnyugat-Európában. Ha figyelembe vesszük, hogy Amszterdam és Koppenhága milyen sikereket ért el, akkor erre a kedvezőbb éghajlatú magyar városok is képesek lehetnek.

A kerékpározást leginkább hátráltató tényező a nagy hideg és a sok csapadék. Magyarországon a **téli napok száma** (amikor napi maximum hőmérséklet nem haladja meg a 0 °C-ot) földrajzi helyzettől függően 15-75, és az **1 mm csapadékot meghaladó napok száma** 70-100 (OMSZ 2001). Természetesen a

két periódus között átfedés is lehet. Ezeket a napokat leszámítva, vagyis az év 295-265 napján az időjárás kerékpározásra alkalmas, a nyári félév csapadékmentes napjain pedig kifejezetten kedvező. A fenti kalkuláció eredményét természetesen hátrányosan befolyásolja a szél és a téli félévben a reggeli órák kellemetlen hidege.

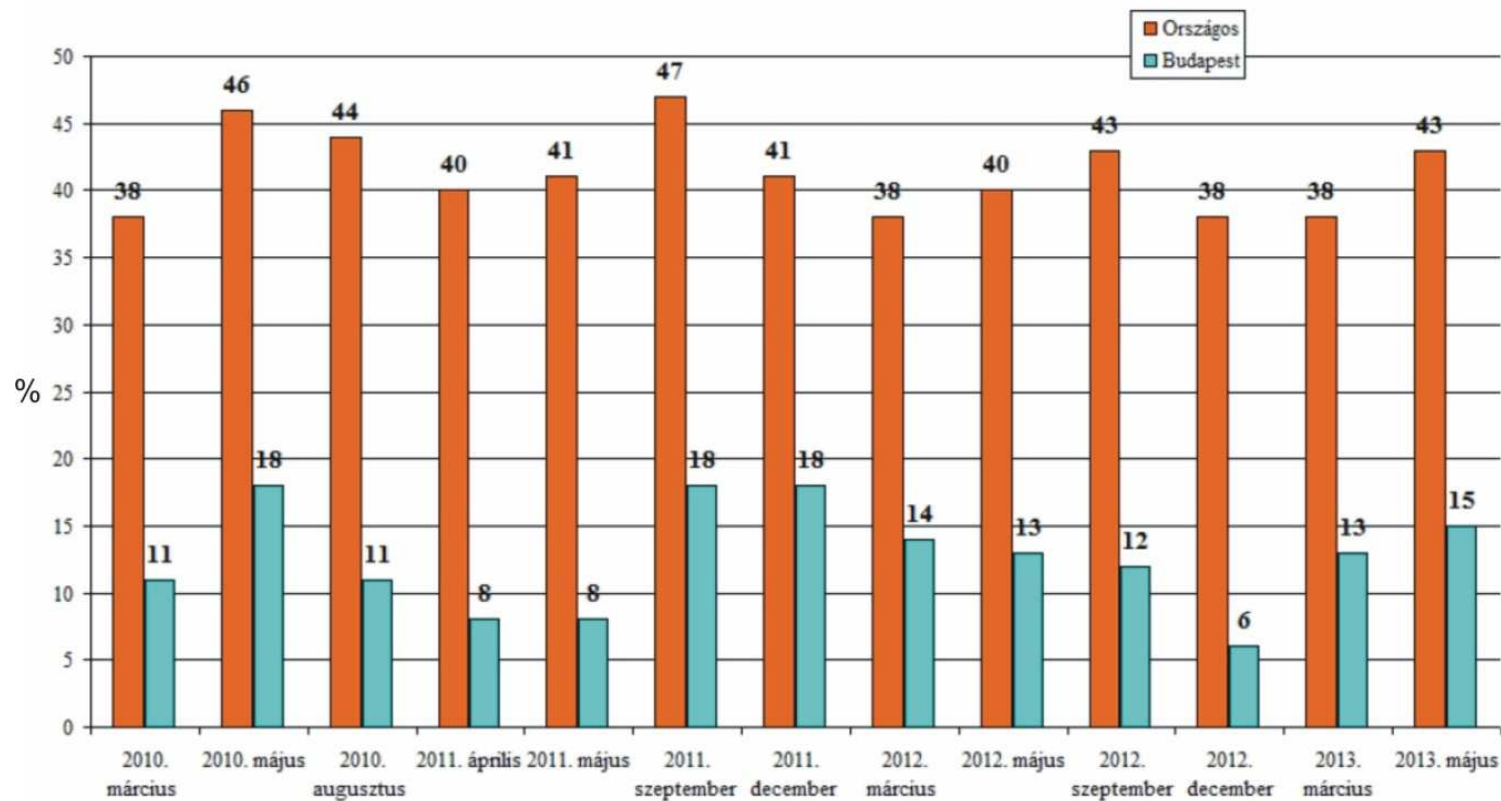
Az előnyös természeti adottságokat ki is használja a lakosság, ugyanis a **kerékpározás tekintetében Magyarország – bármilyen meglepő – Európa élvonalába tartozik**: az Európai Kerékpáros Szövetség felmérése szerint hazánk az EU tagállamok kerékpáros rangsorában a 8. helyet foglalja el (ECF 2013). A kutatás több szempontot is figyelembe vett: a kerékpár, mint jármű aránya a közlekedésben (modal share), közlekedésbiztonság, biciklis turizmus, kerékpárok eladása, kerékpáros érdekképviselő. Hazánk a kerékpározás közlekedési arányában és a biciklis turizmusban átlag felett teljesített, míg az 1000 főre jutó új kerékpárok eladása nálunk volt az egyik legalacsonyabb (utóbbi nem feltétlenül probléma, mert elég jelentős a statisztikákban nem szereplő használtpiac). **Magyarországon a népesség 19%-ának a kerékpár szolgál fő közlekedési módként** (60. ábra). Talán meglepő, de ez az arány az EU-ban kiemelkedő, Dániával holtversenyben a 2. legmagasabb érték – az 1. helyen Hollandia áll. Az örömteli eredmény az alföldi városok hagyományosan magas biciklihasználatával, valamint az utóbbi években, főleg Budapesten tapasztalható kerékpáros (civil) mozgalom megerősödésével magyarázható (Magyar Kerékpárosklub 2013b).



60. ábra: A kerékpározást fő közlekedési módként tekintő népesség aránya az EU-ban 2010-ben. (szerk.: a The Gallup Organization 2011 alapján szerk. Meleg D.)

Más forrásból származó adatok is hasonló képet mutatnak. A Magyar Kerékpárosklub megbízásából készült rendszeres felmérések szerint **országosan a lakosság 38-47%-a**, Budapesten 6-18%-a **használja a kerékpárját közlekedésre** (61. ábra, Magyar Kerékpárosklub 2013c). A kutatás módszertana szerint ez azokat az embereket jelenti, akik az adatfelvételeket megelőző 14 napban legalább egyszer közlekedtek biciklivel. 2010 óta a kerékpáros közlekedők aránya mind országosan, mind Budapesten stagnál. Forgalomszámlálási adatok szerint viszont az elmúlt években **a fővárosi kerékpározás évi 50%-kal nőtt**. Jelentős szezonális

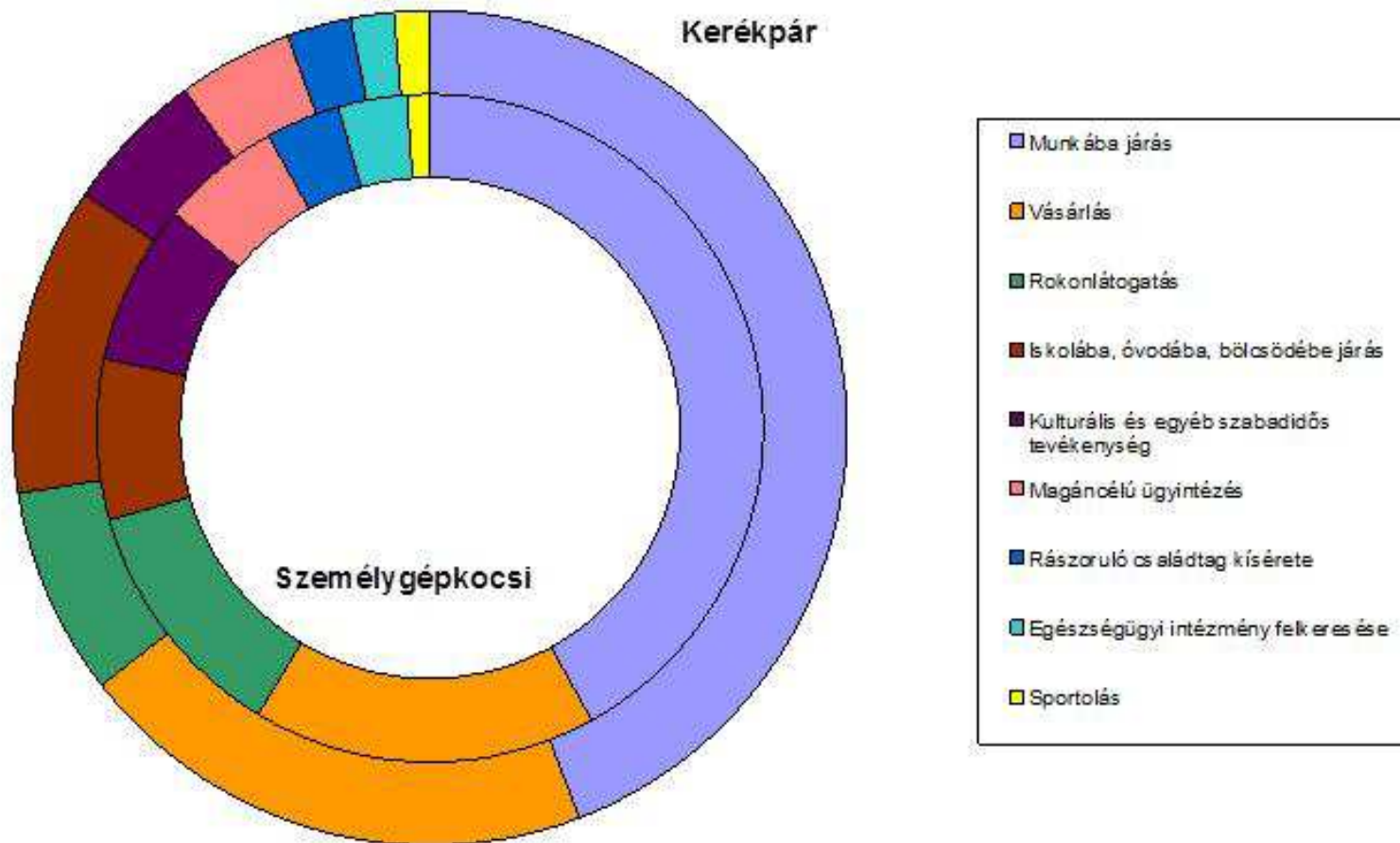
ingadozás jellemző: nyáron jóval több biciklis közlekedik, mint télen. A kerékpáros közlekedés gyakorisága is változatlan, meglehetősen magas: a megkérdezettek az adatfelvételt megelőző 14-ből átlagosan 9 napon közlekedtek biciklivel. A legalább 10 napot, vagyis **minden hétköznap tekerők aránya a kerékpárral közlekedők között 60%**. Azt lehet mondani, hogy számukra a bicikli az elsődleges közlekedési eszköz. Arányuk a teljes népességen belül 23-28%, ami nagyjából megegyezik az Eurobarométer felmérés eredményével.



61. ábra: A kerékpárral közlekedők aránya Magyarországon 2010 és 2013 között (Magyar Kerékpárosklub 2013c)

A KSH szerint 2012-ben a **kerékpározás aránya az utazások számában 17%**, míg a megtett úthosszban 4% volt. Ez is jól mutatja, hogy biciklivel általában rövid utazásokat tesznek meg (az átlagos távolság 3 km). Budapest messze elmarad az országos átlagtól. Az utazások számának 2%-a és a megtett út mindössze 1%-a kötődik a kerékpározáshoz (KSH 2013). Tanulságos megvizsgálni a kerékpáros utazások szerkezetét is (62. ábra **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**, KSH 2013). A cél szerinti megoszlásban alig van különbség a személygépkocsihoz képest. Ugyanúgy a munkába járás

és a vásárlás a két legfőbb motiváció, és a többi úti cél megoszlásai közt is csak kis különbségek vannak. Érdekes módon a vásárlásokban a bicikli 4 százalékponttal megelőzi az autót. Ezek a tények arra utalnak, hogy a **kerékpár** sokoldalú közlekedési eszköz, és meglepően sok esetben **helyettesíteni tudja a személygépkocsit.**



62. ábra: A személygépkocsival megtett és a kerékpáros utazások szerkezete Magyarországon 2012-ben (szerk.: KSH 2013 alapján Meleg D.)

Probléma azonban, hogy a kerékpáros infrastruktúra komoly lemaradásban van Nyugat-Európához képest. Hazánkban a kerékpárutak hossza 2007-ben 2 367 km volt (GKM 2007). Ezzel szemben a mintának tekinthető Dániában 12 400 km rendszerbe szerveződő, jól kiépített kerékpáros útvonal található (Schiøtt Stenbæk Madsen, J. 2010), ami 289 m/km² útsűrűségnek felel meg, szemben a hazai 25 m/km²-el. A magyar kerékpárutak többsége ráadásul igen rossz minőségű és elavult szemléletű; nem a közlekedési, hanem a hobbi célú kerékpározás számára épült. Az útvonalak sokszor a járdán futnak, ami egyrészt konfliktust eredményez a gyalogosokkal, másrészt a kereszteződésekben balesetveszélyes. Budapesten például a kijelölt kerékpárutak 70%-a tartozik ebbe a kategóriába, és csak 7% a korszerűbb és biztonságosabb kerékpársávok aránya (BKK 2013).

3. A kerékpáros közlekedés fejlesztésének lehetőségei

A közlekedési energiafogyasztás mérséklése, valamint a számos járulékos előny miatt elengedhetetlen a kerékpározás fejlesztése. Mint láttuk, Magyarországon annak ellenére kerékpároznak sokan, hogy e környezetkímélő közlekedési mód eddig nem volt a politika előterében, és igen kevés beruházás történt az infrastruktúrába, szemléletformáló kampányokat pedig kizárólag civilek folytattak. A kerékpározás minimális külső beavatkozással, szinte „magától” Európa élvonalában van, ami azt vetíti előre, hogy megfelelő fejlesztéspolitikával nagyon jó eredményeket lehetne elérni. A világ egyik vezető kerékpáros nagyvárosában, Koppenhágában véghez tudták vinni, hogy a kerékpáros utazások száma 30 év alatt, 1980 és 2010 között 215%-al megnőtt (Koppenhága Önkormányzata 2011). A Nyugat-Európában jól bevált fejlesztési gyakorlatot alapul véve ilyen fejlődési ütemet hazánk is elérhet, így reális azt a célt kitűzni, hogy **Magyarországon a kerékpáros utazások száma 2040-re duplázódjon meg a 2012-es szinthez**

képest. 2012-ben 280 millió kerékpáros utazás történt (KSH 2013), így a számszerű célkitűzés 2040-re 560 millió ilyen utazás. Mindezt közlekedési szerkezetváltozásnak kell kísérnie: a kerékpározás bővülésének forrása döntő részben a személygépkocsi utazások csökkenésének kell lennie.

A fenti célkitűzés elérésére két fő eszköz áll rendelkezésre: a vonzó kerékpáros környezet kialakítása és a szemléletformálás, kommunikáció. Mindkettő egyformán fontos, amit a fejlesztési pénzek elosztásánál is érvényesíteni kell, azonban először célszerű az infrastruktúra-fejlesztésre fektetni nagyobb hangsúlyt. Ha már kiépült egy megfelelő színvonalú alaphálózat, azt követően a meglévő eredményekre építve lehet intenzívebb kampányokba kezdeni, az ellenkező sorrend kontraproduktív lehet. Végül érdemes megvizsgálni egy új lehetőséget, az elektromos kerékpárt, amely szintén hozzájárulhat a célkitűzések teljesüléséhez.

Vonzó kerékpáros környezet

Az **infrastruktúrafejlesztés** hatékony eszköz a kerékpározás növelésére. A koppenhágai tapasztalatok szerint egy új kerékpáros útvonal építése az adott szakaszon 20%-kal növeli a kerékpárosok, és 10%-kal csökkenti a személygépkocsik számát (Koppenhága Önkormányzata 2013). Figyelembe véve, hogy a kerékpározás rövid távolságokon belül hatékony, elsősorban a településeken belül kell jól szervezett, összefüggő, hierarchizált hálózatot építeni. A városok központi területein koncentrálódik sok munkahely, intézmény, bolt, és a legtöbb utazás ide irányul, ezért **a belvárosokban különösen fontos a kerékpárosbarát környezet kialakítása**, a fejlesztéseket ezzel érdemes kezdeni. A kerékpárosbarát környezet azt jelenti, hogy a teljes belváros könnyen és biztonságosan átjárható kerékpárral. Ennek megalapozásához általános **forgalomcsillapításra van szükség**, ami többek

között a dugódíj bevezetésével (csak Budapesten), forgalmi sávok elvételével és sebességkorlátozással érhető el (Levegő Munkacsoport 2009). A kerékpározás szempontjából ez azért lényeges, mert a kisebb forgalom megnöveli a biciklisek biztonságérzetét, valamint a zaj-és légszennyezés csökkenésével vonzóbb környezet alakul ki. A szűk belvárosi magban célzott forgalomcsillapítást vagy forgalomkorlátozást kell bevezetni, egyes utcákat át lehet alakítani sétáló- és kerékpáros utcákká.

Minden főút mentén megfelelően széles, egyirányú kerékpársávokat kell kialakítani. A szükséges teret a mostani autós sávok rovására kell nyerni. A 63. ábra budapesti Kossuth Lajos utca példáján mutatja be a szükséges változtatásokat. Egy forgalmi sáv elvételével nyerhetnénk egy – szintben megemelt – kerékpársávot és szélesebb járdát, több zöldfelülettel; így összességében sokkal élhetőbb környezet jönne létre. A kisebb utcákban nem szükséges külön kerékpáros infrastruktúra, elegendő a 30 km/h-ás sebességkorlátozás, esetleg a kerékpáros nyom útburkolati jel.

A megfelelően széles **egyirányú utcákban engedélyezni kell a forgalommal szemben történő kerékpározást.** A kerékpáros hálózat így jobban átjárható, a biciklisek nem kényszerülnek kerülőre, és haladhatnak a forgalmas főútvonalak helyett a sokkal kellemesebb környezetet nyújtó kis utcákban. Az intézkedésnek szimbolikus, kommunikációs üzenete is van, mert a kerékpárosok olyan előnyhöz jutnak, amit az autósok nem élvezhetnek, és ez mutatja a város kerékpáros elkötelezettségét. A biztonságosságot egyrészt a lecsökkentett autósforgalom, másrészt a megfelelő táblázás és a kerékpáros nyom útburkolati jelek biztosíthatják (64. ábra).



63. ábra: A budapesti Kossuth Lajos utca mai állapotában (fent) és kerékpársávval (lent). (Levegő Munkacsoport 2009)



64. ábra: A kerékpárosok számára mindkét irányba megnyitott Pozsonyi utca Budapesten. (Google utcakép)

Lényeges, hogy sűrűn álljanak rendelkezésre biztonságos, lehetőleg kamerával megfigyelt **kerékpárparkolók** (Magyar Kerékpárosklub 2012). A szükséges teret itt is leginkább az autós infrastruktúra rovására kell nyerni (65. ábra). Különösen fontos, hogy a jelentősebb üzletek, intézmények, közlekedési csomópontok, vasút- és metróállomások közelében nagy kapacitású kerékpártárolók épüljenek. A vállalatokat ösztönözni kell biciklis parkolók, öltözők és zuhanyzók telepítésére, ami vonzóvá teheti a munkavállalók kerékpárral történő ingázását.



65. ábra: Autós parkoló helyén létesített kerékpárparkoló a budapesti VII. kerületben (Magyar Kerékpárosklub 2012)

A nyugat-európai (Párizs, Amszterdam, Bécs) pozitív tapasztalatok alapján **kerékpárkölcsonzó rendszereket kell kialakítani** a városok belső zónájában. Már történtek erre vonatkozó lépések. Hazánkban elsőként Szegeden, 2014 szeptemberében pedig Budapesten valósult meg közösségi kerékpáros rendszer. A fővárosban egyelőre 76 állomást működik, egymástól átlagosan 300-500 m-es távolságban. Az 1 100 egyedi, mindenki számára kényelmes kerékpárt bármelyik állomásra vissza lehet vinni. Az első fél óra ingyenes, ezt követően a szolgáltatás díja sávosan egyre magasabb, ezzel is a rövid használatot ösztönzik. A rendszer elsősorban azok számára lesz hasznos, akik a nagyobb távolság vagy a domborzat (Budai-hegység) miatt nem tudnak a lakóhelyükről végig kerékpárral közlekedni a belvárosba, ott azonban szívesen tekernének. A közbringa rendszer így szorosan kapcsolódik a közösségi közlekedéshez. A másik nagy előnye az, hogy megkönnyíti az új

kerékpárosok bevonását. Az olcsó és könnyen hozzáférhető kerékpárok kiváló lehetőséget teremtenek a kerékpározás kipróbálására, ami vélhetően sokaknak megtetszik majd, ezáltal rendszeres kerékpározókká válnak. Nem mellékesek a turisztikai előnyök sem. A várhatóan kedvező tapasztalatok után véleményünk szerint a rendszert bővíteni kell, valamint minden nagyvárosban ki kell építeni.

A belvárosok jó kerékpározhatóságát további kisebb lépésekkel is segíteni kell. Lehetővé kell tenni a buszsávokban történő biciklizés ott, ahol nem kiemelkedően magas a buszforgalom. A kereszteződések biztonságát előretolt kerékpáros felállóhelyekkel (BKK 2013) és a jelzőlámpák időzítésének módosításával lehet növelni (Koppenhága Önkormányzata 2011). Előbbi lényege az, hogy az autósoknak hátrébb kell megállniuk, és az így keletkezett szabad területen a kerékpárosok várakozhatnak a piros lámpánál, ezáltal sokkal jobban láthatóvá válnak (66. ábra). Ha a kereszteződésekben a kerékpárosok pár másodperccel előbb kapnak zöld jelzést, mint az autósok, az szintén a láthatóságukat és a biztonságukat növeli.

A városok belső zónájából **„kerékpáros szupersztrádákat” kell építeni** a külvárosokba és az agglomerációs településekre. Ezek londoni és koppenhágai mintára olyan jó minőségű és jól karbantartott kerékpárutak vagy kerékpársávok, amelyeket elsősorban a kerékpáros ingázók igényei szerint terveznek. Ennek megfelelően elsőrendű szempont a gyorsaság, amit többféle eszközzel lehet növelni. Egyrészt az útvonal kijelölésénél minimalizálni kell a lámpás kereszteződések számát. A nagy forgalmú utak vagy vasutak keresztezésénél kerékpáros alagutat vagy felüljárót kell építeni. Másrészt az elkerülhetetlen lámpás kereszteződésekben a lámpákat a kerékpárosok igényei szerint kell beállítani úgy, hogy 20 km/h-ás sebesség esetén zöld hullámuk legyen.



66. ábra: Előretolt kerékpáros felállóhely egy londoni kereszteződésben
(fotó: <http://www.tfl.gov.uk>)

Ezekkel a megoldásokkal lehetővé válik a teljes út megtétele megállás nélkül. A kerékpáros szupersztrádák számmal ellátott, jól kitáblázott és megkülönböztetett útvonalak. Az autósok megszokják, hogy itt fokozottan kell számítaniuk kerékpárosokra, ami nagyban növeli a biztonságot. A londoni adatok azt mutatják, hogy a kerékpáros szupersztrádák jelentősen megnövelik a kerékpáros forgalmat. A két elkészült útvonalon másfél év alatt összességében 46%-os, illetve 83%-os növekedést tapasztaltak, de egyes mérőpontokon 150-200%-kal is bővült a kerékpáros forgalom (Transport for London 2011).



67. ábra: Kék színnel jól megkülönböztetett és számozott kerékpáros szupersztráda Londonban. (fotó: <http://www.tfl.gov.uk>)

Ösztönözní kell az intermodalitást, vagyis a kombinált kerékpáros és a közösségi közlekedéssel történő utazást. A vasutakon és az elővárosi vasutakon javítani kell a kerékpárszállítás feltételeit. Minden forgalmasabb közösségi közlekedési megállóban B+R parkolókat (bike + ride = biciklizés és utazás), a főpályaudvarokra pedig nagy kapacitású, őrzött kerékpártárolókat kell építeni (68. ábra). A kerékpározás javítja a közösségi közlekedés hatékonyságát, mert megnövekszik a megállók utasfelvevő közege. Ha a lakóhely és a megálló között 10 perces utazási időt feltételezünk, akkor gyaloglás esetén 2 km²-es, kerékpározva 32 km²-es körből tud utasokat vonzani a megálló (Európai Bizottság 1999).



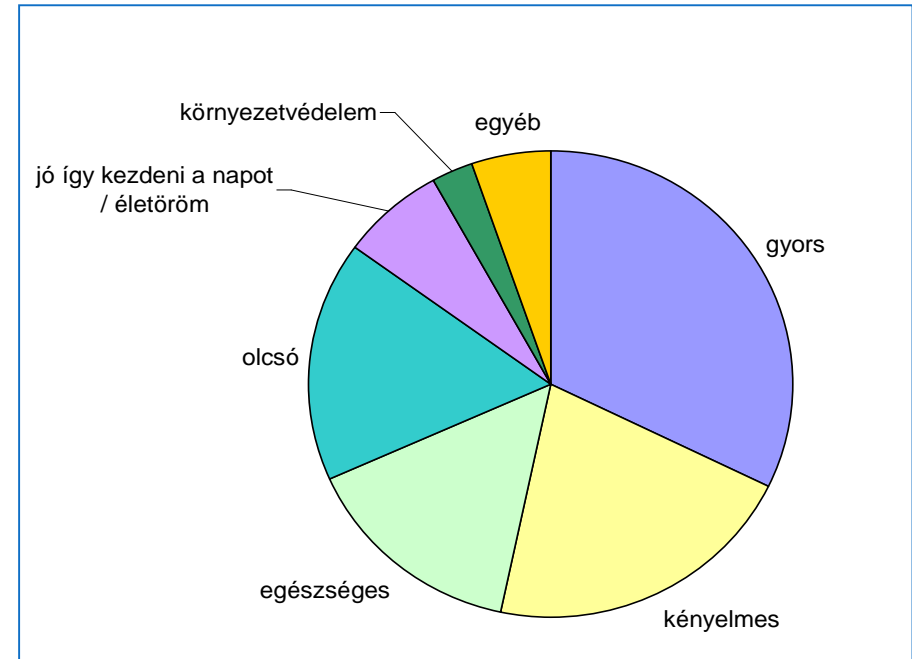
68. ábra: Emeletes B+R parkoló Koppenhágában (fotó: Munkácsy B.)

A kerékpáros útvonalakat hálózatba kell szervezni. Egy új útnak mindig kapcsolódnia kell legalább egy régihez, a hiányzó szakaszokat pótolni kell. A kerékpáros útvonalakat legalább kétszintű hierarchia-rendszerbe kell sorolni. A belvárosi főutaknak és a kerékpáros szupersztrádáknak kiemelt kategóriában kell lenniük, ami garantált útminőséget és karbantartást (útjavítást, hóeltakarítást) jelent. Ha a megnövekedett forgalom igényli, biztosítani kell az irányonkénti 3 kerékpársávot. Ez a megoldás lehetővé teszi, hogy két kerékpáros kényelmesen, egymás mellett tekerve beszélgethessen, miközben az előzés számára marad egy szabad sáv (Koppenhága Önkormányzata 2011).

Szemléletformálás, kommunikáció

A kerékpározás növelésének fontos eszköze a szemléletformálás, kommunikáció is. A közlekedési mód választása végső soron az emberi tényezőn, a lakosság döntésén múlik (lásd: 6. ábra). A fejlesztéspolitikának ezt a döntést kell a kerékpározás irányába terelnie. A választásban – a kerékpáros infrastruktúra minősége és biztonságos volta mellett – fontos szerepe van a kerékpározásról rendelkezésre álló információknak, tévhiteknek, a szubjektív biztonságérzetnek, a környezettudatosságnak és a szimbolikus, érzelmi tényezőknek is. A szemléletformálás ezekre a paraméterekre hat, pozitív irányba megváltoztatva a kerékpározásról kialakult képet, ezáltal növelve a kerékpározás jelentőségét. Itt is megnyilvánul az, hogy az energiagazdálkodás nemcsak műszaki tudást igényel, hiszen a szemléletformáláshoz elengedhetetlen a pedagógusok, pszichológusok, kommunikációs és marketing szakemberek munkája.

Kampányokkal kell tudatosítani a kerékpározás előnyeit, és el kell oszlatni a tévhiteket. Energiastratégiánk szempontjából a környezeti előnyök a legfontosabbak, azonban a legtöbb kerékpárosnak nem ez az elsődleges motivációja. Sokkal lényegesebb számukra, hogy a biciklizés gyors, kényelmes és egészséges közlekedési mód, ami életörömet is ad (69. ábra).



69. ábra: A koppenhágai kerékpárosok motivációink megoszlása 2012-ben
(Koppenhága Önkormányzata 2013)

Úgy lehet sok új kerékpárost megnyerni, ha a legfontosabb motivációkra koncentrálnak a szemléletformálás. Bécsben például a kerékpározás pozitív életérzésére, szabadságára építettek egy külön kampányt, amivel az egyéni boldogulást szem előtt tartó, nyitott, jól kereső városlakókat célozták meg, akik még nem ültek biciklire, de nem is zárkoznak el tőle (70. ábra).



70. ábra: Pozitív kerékpáros életérzést közvetítő plakátok Bécsben
(<http://www.fahrradwien.at/>)

Az autóról kerékpárra váltás érdekében negatív reklámra is szükség van, ami a személygépkocsik káros hatásait hangsúlyozza (BKK 2013). A kampányokat több felületen (óriásplakátok, újságok, internet, TV, rádió) és többfajta módon (hirdetések, cikkek, kiadványok, rendezvények) egyszerre kell folytatni. A kampányokat társadalmi csoportok szerint és földrajzilag is célzottan kell megvalósítani a nagyobb hatékonyság érdekében. Kezdetben a legkönnyebben megnyerhető rétegeket (fiatalok és középkorúak), valamint a közlekedési szerkezetváltás érdekében a gépkocsivezetőket kell megszólítani. Azokon a területeken érdemes intenzívebb szemléletformálást végezni, ahol átlag alatti a kerékpározás szintje. Így például Budapesten kiemelten fontos lenne tovább erősíteni az elmúlt pár évben kezdődött kerékpáros fejlődést.

A **kerékpározás biztonságát** figyelemfelkeltő és oktatási programokkal **szükséges javítani**, amelyek célcsoportja a kerékpárosok és a gépjárművezetők. Fontos elérni, hogy a közlekedés alapvető szabályaival minden kerékpáros tisztában legyen, és képes legyen felismerni és elkerülni a balesetveszélyes helyzeteket. A kerékpáros közlekedés elméleti és gyakorlati ismereteit be kell építeni az általános iskolai tanrendbe. A kerékpárosokkal együttműködő gépjárművezetési gyakorlatot szintén kötelezően oktatni kell a tanulóvezetőknek.

Már csökkenő módon, de jelenleg a gépjárműforgalom szempontjai dominálnak a közlekedési létesítmények tervezésénél, ezért szükséges a **szakmai közvélemény formálása** is. Fontos, hogy a közlekedésmérnökök, terület-és településfejlesztők, urbanisztikai szakemberek ismerjék és alkalmazzák a fenntartható közlekedés elveit és gyakorlatát. Ez szakmai konferenciákkal, képzésekkel érhető el, ahol a jól bevált külföldi kerékpáros megoldások tanulmányozására is lehetőség nyílik.

A **kerékpározás tájékoztatási rendszerét jelentősen fejleszteni kell**. Az ismeretek egy részének átadása kiadványok, szórólapok, térképek, információs táblák formájában valósulhat meg. Indítani kell egy központi kerékpáros weboldalt, ahol minden szükséges információ elérhető. Itt kapna helyet egy országos kerékpáros térkép és útvonaltervező is, ami hazánk összes kijelölt és javasolt kerékpáros útvonalat tartalmazná. A felhasználók be is küldhetnének adatokat az egyes szakaszok állapotáról, így a karbantartások gyorsan és a megfelelő helyeken történhetnének meg. Az útvonaltervezőt mobilalkalmazás formájában is biztosítani kell. A kerékpározásnak legalább régióként egységes arculattal kell rendelkeznie, és a fejlesztéseket folyamatosan kommunikálni kell.

Elektromos kerékpár

Az elektromos kerékpárok a biciklizés térnyerésének egyik új lehetőségét jelentik. Több típusuk létezik. Az **e-bike** elektromos motorja pedálozás nélkül is működtethető a kormányon lévő „gázkarral”, jogilag kismotornak számít. A **pedelec** esetén az elektromos rásegítés döntően pedálozás közben történik – ráadásul ennek mértéke a körülményekhez igazodó mértékben 3-5 fokozatban állítható. Valójában tehát hibridüzemű eszközről van szó, amely az emberi izomerő és az elektromos áram kombinációját kínálja. A legdrágább modellek arra is képesek, hogy fékezés során az akkumulátorba visszatermeljenek villamos energiát. Kisebb változata a „pedelec 25”, amelynek motorteljesítménye nem haladhatja meg a **250 W**-ot, és az elektromos rásegítés 25 km/h fölött kikapcsol. Jogilag kerékpárnak tekinthető, így nem kell regisztrálni, nem kell rá biztosítást kötni, jogosítvány és bukósikak nélkül is vezethető. Erősebb változata az **S-pedelec**, amelynél az elektromos rásegítés 45 km/h-ig működik. Jogilag kismotornak számít (Manthey, N. – Neupert H. [szerk.] 2012).

Tanulmányunk további részében a tradicionális kerékpárhoz legközelebb álló „pedelec 25”-ről lesz szó. Ez a hagyományos biciklihez képest **ugyanahhoz a sebességhez kisebb emberi erőfeszítést igényel**, ezért vonzó alternatívát jelenthet a tagolt domborzati viszonyok között élőknek, az időseknek, a távolabbról ingázóknak, a városi kerékpárosoknak, illetve bárkinek, aki eddig ódzkodott a kerékpározástól. A szennyezett levegőjű városi környezetben például segíti, hogy ne kelljen a túlzottan intenzív belégzéssel nagy mennyiségű mérgező anyagot is beszívni a levegővel együtt, emellett hatásosan csökkenti a túlzott izzadást és az ezzel járó kellemetlenségeket (lásd irodai dolgozók). Mindemellett a pedelec úgy tudja kiterjeszteni a kerékpározás határait, hogy **energiaigénye és üvegházgáz-kibocsátása lényegében megegyezik a hagyományos kerékpáréval** (Dave, S. 2010; ECF 2011). Az akkumulátorok elhasználódása viszont problémát jelenthet, ezért

lényeges a jó minőségű gépek vásárlása (amelyeknél lényegesen hosszabb az akku élettartama), de gondot kell fordítani újrafeldolgozásukra is.

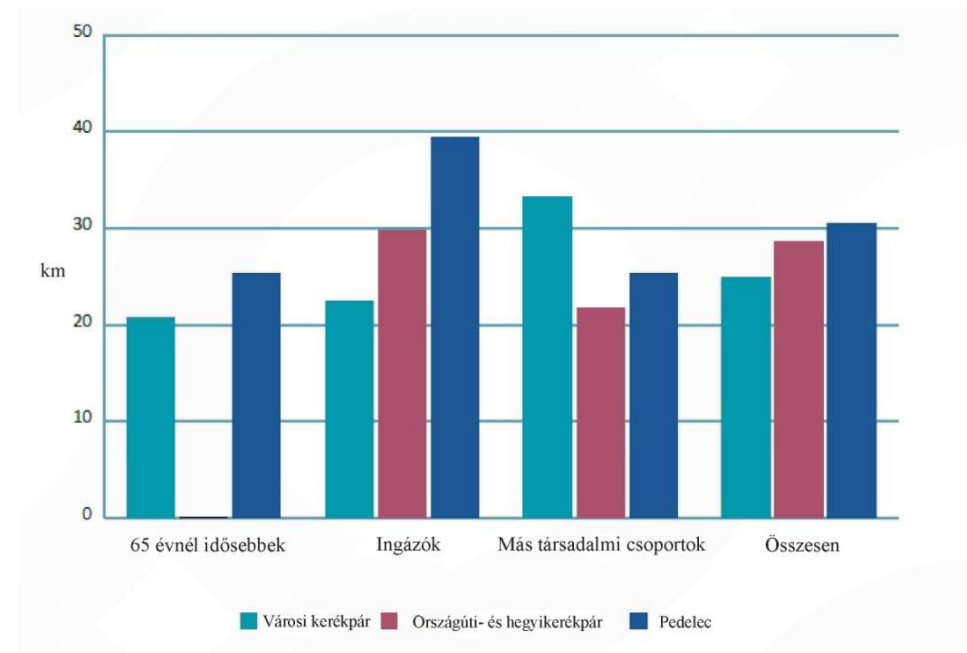


71. ábra: Az elektromos rásegítés előnyei hegyemenetben, erős szélben és a városban válnak nyilvánvalóvá, ahol gyakori tempóváltásokra, álló helyzetből való gyorsításokra kényszerül a kerékpáros – az „assist” kapcsolóval szabályozható a rásegítés mértéke (fotó: <http://www.elektrobike-online.com>)

Európán belül Hollandiában az egyik legelterjedtebb a pedelecek használata (Manthey, N. – Neupert H. [szerk.] 2012). Az ottani tapasztalatok azt mutatják, hogy **a pedelecet használók átlagosan 22%-kal többet kerékpároznak**, mint a hagyományos városi bicikkel rendelkezők (ECF 2011; 72. ábra). A különbséget az idősek és az ingázók adatai magyarázzák. Utóbbi csoportban a legnagyobb a pedelec előnye (75%-kal több megtett út). Az átlagos ingázási távolság 52%-kal magasabb (9,6 km), a hagyományos kerékpárhoz képest (6,3 km), tehát a pedelec nagyobb távolságok

legyőzésében is segítséget nyújt. Az eredmények azt mutatják, hogy a **pedelec jelentős potenciállal rendelkezik a kerékpáros forgalom növelése tekintetében.**

A pedeleces utazások az összes megkérdezettnél 45%-ban helyettesítették a kerékpárt, és 39%-ban a személygépkocsit. Az ingázók között viszont ez az aránypár 39-41% (ECF 2011). Magyarországon, ahol a holland szintnél lényegesen alacsonyabb a kerékpározás jelentősége, akár az autós utazások felét is képes volna kiváltani a pedelec, tehát **hatékonyan tudja segíteni az autós-kerékpáros közlekedési szerkezetváltást.**



72. ábra: A hetente átlagosan kerékpározott távolság Hollandiában 2008-ban kerékpártípus és társadalmi csoportok szerint (ECF 2011)

Felhasznált irodalom

BKK (Budapesti Közlekedési Központ) (2013): A budapesti kerékpáros közlekedés fejlesztési koncepciója.

Dave, S. (2010): Life Cycle Assessment of Transportation Options for Commuters. Massachusetts Institute of Technology, 16 p. <http://files.meetup.com/1468133/LCAwhitepaper.pdf>

ECF (European Cyclists' Federation) (2011): Cycle more often 2 cool down the planet! Quantifying CO2 savings of Cycling. 29 p. http://www.ecf.com/wp-content/uploads/ECF_BROCHURE_EN_planche.pdf

ECF (2013): The first EU wide ECF Cycling Barometer launched. <http://www.ecf.com/news/the-first-eu-wide-ecf-cycling-barometer-launched/>

Európai Bizottság (1999): Cycling: the way ahead for towns and cities. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 62 p. http://ec.europa.eu/environment/archives/cycling/cycling_en.pdf

GKM (Gazdasági és Közlekedési Minisztérium) (2007): Kerékpáros Magyarország Program 2007-2013. 63 p. http://www.terport.hu/webfm_send/2730

Kerékpáros Kerekasztal (2013): Nemzeti Kerékpáros Koncepció 2014-2020. 14 p. http://www.ketosz.hu/sites/default/files/Nemzeti_Ker%C3%A9kp%C3%A1ros_Koncepci%C3%B3_2014-2020_final_0.pdf

Koppenhága Önkormányzata (2011): Good, better, best - the city of Copenhagen's bicycle strategy 2011-2025. http://kk.sites.itera.dk/apps/kk_pub2/pdf/823_Bg65v7UH2t.pdf

Koppenhága Önkormányzata (2013): Copenhagen city of cyclists. Bicycle Account 2012. http://kk.sites.itera.dk/apps/kk_pub2/pdf/1034_Mp8ti8DeRD.pdf

KSH (2013): A lakossági közösségi és egyéni közlekedési jellemzői, 2012. Statisztikai Tükör, VII. 47. 5 p. <http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/pdf/lakossagikozlekedes12.pdf>

Levegő Munkacsoport (2009): Dugó vagy dugódíj?
<http://www.levego.hu/sites/default/files/kiadvanyok/dugodij.pdf>

MacKay, D (2009): Sustainable Energy – Without the Hot Air. Cambridge. 383 p.
<http://www.inference.phy.cam.ac.uk/sustainable/book/tex/sewtha.pdf>

Magyar Kerékpárosklub (2012): Kerékpárparkolók és –tárolók kialakítása és elhelyezése.
http://kerekparosklub.hu/sites/default/files/kerekpartarolok_ajanlas.pdf

Magyar Kerékpárosklub (2013a): Kerékpárosklub Kisokos. 56 p.
http://kerekparosklub.hu/files/downloads/MK-KISOKOS_20130504.pdf

Magyar Kerékpárosklub (2013b): Újabb adat Magyarország kiemelkedő helyéről Európában.
<http://kerekparosklub.hu/ujabb-adat-magyarorszag-kiemelkedo-helyerol-europaban>

Magyar Kerékpárosklub (2013c): A Magyar Kerékpárosklub országos reprezentatív kerékpárhasználati adatai.
http://kerekparosklub.hu/sites/default/files/MK_Kerekparhasznalat_2013_majus.pdf

Manthey, N. – Neupert H. (szerk.) (2012): Go pedelec! Go Pedelec Projektkonzorcium, Utrecht. 84 p.
http://emh.kormany.hu/download/e/b8/60000/GoPedelec_Pedelec_kezikonyv.pdf

OMSZ (Országos Meteorológiai Szolgálat) (2001): Magyarország éghajlati atlasza. 107 p.

Schiøtt Stenbæk Madsen, J. (2010): Cycling Statistics from Denmark.
<http://www.cycling-embassy.dk/2010/03/08/cycling-statistics-from-denmark/>

The Gallup Organization (2011): Future of transport. Analytical report. 67 p.
http://ec.europa.eu/public_opinion/flash/fl_312_en.pdf

Transport for London (2011): Barclays Cycle Superhighways Evaluation of Pilot Routes 3 and 7. <http://www.tfl.gov.uk/assets/downloads/roadusers/BCS-pilot-evaluation-report.pdf>

WHO (World Health Organization) (1999): Charter on Transport, Environment and Health. 35 p.

http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/88575/E69044.pdf

Viteco Kft. – Terra Studio Kft. (2013): A kerékpáros közlekedésfejlesztés időközi értékelése a 2007-2013-as időszakban. 210 p.

http://www.nfu.hu/download/48111/Ker%C3%A9kp%C3%A1ros_%C3%A9rt%C3%A9kel%C3%A9se_a_2007-2013-as_id%C3%B3szakban.pdf

7. Hazai megújuló potenciálok és hasznosításuk jövőképünkben

Munkácsy Béla – Sáfíán Fanni – Harmat Ádám – Németh Sándor

Ahhoz, hogy tisztán láthassuk a tekintetben, hogy milyen megújuló energiaforrásokkal gazdálkodhatunk majd fenntartható módon századunk közepén, munkánk első lépéseként meg kellett határoznunk ezek hazai potenciáljait, valamint a hatékonyság növelésében és a takarékoságban rejlő potenciálokat. Az egyes megújuló energiaforrások **elméleti** (a fizikailag hozzáférhető energiamennyiségeket) és **technikai** potenciáljait (a jogszabályi és technológiai keretek között reálisan kiaknázható energiamennyiségeket) az Erre van előre 1.0 verziójában részletesen áttekintettük, bemutatva számításainkat, illetve az azok alapját képező adatosorokat és szakirodalmat (4. fejezet). A **társadalmi-gazdasági** potenciálokat (támogató szabályozási környezet mellett kinyerhető maximális évi energiamennyiség), melyek meghatározásánál az ökológiai szempontokat is messzemenően figyelembe vettük, azonban tovább pontosítottuk, elsősorban **nemzetközi összehasonlításokon alapuló számítások** segítségével.

Jelen fejezetben tehát az egyes megújuló energiaforrások technikai és társadalmi-gazdasági (fenntartható) potenciáljait tekintjük át, majd pedig a Vision 2040 forgatókönyvünk megújuló energiatermelésének célszámait ismerheti meg az Olvasó. Vagyis azt, hogy hogyan is képzeljük egy fenntartható energetikai jövőkép energiamixét Magyarországon – a potenciálok keretei között, fenntartható erőforrás-gazdálkodással, optimális szabályozási környezetben, mindeközben – véleményünk szerint – reális megvalósíthatósággal. A forgatókönyvünkhöz tartozó társadalmi-gazdasági potenciálokat 2013-14-ben az elmúlt három év növekedési tendenciáit

figyelembe véve **újraszámoltuk**, ami némely energiaforrás tekintetében igen jelentős növekedést jelent ezekben a mutatókban.

Biomassza

A hazai megújuló energiaforrások közül jelenleg a biomassza felhasználása a legjelentősebb: a szilárd biomassza esetében ez 2010-ben az összes megújuló energiaforrás 80%-át tette ki (KSH 2011). Míg ma ennek jelentékeny része erdőgazdálkodásból származó tűzifát jelent, jövőképünkben elsősorban a mező- és erdőgazdálkodási és egyéb eredetű **szerves hulladékok** energetikai hasznosításának szánunk jelentősebb szerepet. Ennek nem csak hulladékgazdálkodási szempontból van jelentősége: a biomassza talán az egyik legsérülékenyebb, feltételesen megújuló energiaforrásunk. Átgondolatlan felhasználása nem csak magát az erőforrást, de a talajt, annak vízgazdálkodását, a helyi mikroklímát, az élővilág sokféleségét, egyszóval az adott terület ökológiai rendszerét is károsítja.

A biomasszának számos forrása, felhasználási formája és -technológiája létezik. Munkánk során a társadalmi-gazdasági biomassza potenciált az alábbi kategóriákra osztva vizsgáljuk:

- 1. fenntartható biomassza-termelés:** a tartamos erdőgazdálkodás termékei és mezőgazdálkodás melléktermékei;
- 2. energetikai ültetvények:** meghatározóan olyan ültetvényes művelés termékei, amely a monokultúrás természetből fakadóan jelentős gépesítettséget, fosszilis energiaforrásokat és agrokemikáliák alkalmazását igényli, ezért környezeti fenntarthatósága legalábbis megkérdőjelezhető;
- 3. bioüzemanyagok:** előállításuk kifejezetten energetikai célú természetben, monokultúrás ültetvényeken történik – ugyanakkor jövőképünkben olyan természetési technológiák szerepelnek, amelyek például vetésforgóval vagy egyéb más módon, de nem – vagy csak igen szerény

mértékben – járulnak hozzá az élelmiszeripari alapanyagok termesztésével való versengéshez;

4. biogáz előállítása: forgatókönyvünkben elsősorban mezőgazdasági, élelmiszeripari és kommunális eredetű szerves hulladékok feldolgozásával számoltunk és nem vettük figyelembe az energetikai célú ültetvények biomassza hozamát.

1. Fenntartható biomassza-termelés

A hazai **erdeinkből származó biomassza** előnye az energiaültetvényekkel szemben, hogy míg előbbi kizárólag energetikai alapanyagot szolgáltat, a hagyományos erdők ezzel szemben „természeti szolgáltatásokat” (pl. talajvédelem, vízmegtartás, mikroklíma, élőhely stb.) is nyújtanak, illetve ipari, vadgazdálkodási, védelmi és idegenforgalmi jelentőségük is van. A befektetett és a kitermelt energia hányadosa (energetikai ráta) is a hagyományos erdők esetében a kedvezőbb (hagyományos erdőknél átlagosan 21, energetikai faültetvényeknél 14), azonban a ráfordítások megtérülése az energiaültetvények esetében nagyságrendileg gyorsabb (Pappné Vancsó J. 2010).

Hazánkban a tartamos erdőgazdálkodásból évente kinyerhető fa mennyisége bruttó 8 millió m³, melynek 41%-át hasznosították energetikai célokra 2005-ben (Gyulai I. 2011). Ez – az értékesebb ipari választék különválogatását követően – 2,2 millió m³ tűzifát jelent, amely érték az utóbbi években jelentősen nem változott. A legnépszerűbb tüzelésre használt fafajok (akác, bükk, cser, tölgy) kitermelési arányával számolva a tartamos erdőgazdálkodásból származó összes rendelkezésre álló energia (technikai potenciál) számításunk szerint 24,5 PJ évente.

A fenntartható biomassza-termelés másik részét a **mezőgazdasági melléktermékek** teszik ki. A további számításokban azzal számolunk, hogy forgatókönyvünk szerint a 4,5 millió hektár mezőgazdasági területből 0,5 millió hektárt energetikai ültetvény termesztésével váltanának fel (Pappné Vancsó J. 2010). Lukács Gergely (2009) és az Energia Központ Kht. (Bertók T. 1999) adataira támaszkodva azt feltételezzük, hogy a megmaradó 4 millió hektár mezőgazdasági területen évente átlagosan 19,5 millió t mezőgazdasági hulladék keletkezik, melynek a szakirodalomban szereplő minimális energiatartalma 212 PJ-ra jönne ki (Lukács G. 2009). A mezőgazdasági melléktermékeket azonban almazásra, takarmányozásra, talajerő-utánpótlásra is hasznosítják, és körülbelül csak a fele hasznosítható energetikai célokra (Lukács G. 2009; Gyulai I. 2011). Hogy a potenciál mindenképpen kiaknázzható legyen, még szárazabb években is, mi azt feltételeztük, hogy az összes energiamennyiség 40%-át használjuk fel energetikai célra, vagyis 78,5 PJ-t, így hosszú távon sem veszélyeztetjük a rendszer anyag- és energiaáramlását.

A korábban említett 24,5 PJ erdőgazdasági hulladékot is figyelembe véve így a fenntartható biomassza felhasználásának összesített potenciálját **103 PJ/év**-ben határoztuk meg.

Stratégiánk szerint a felhasználás már 2020-ban el fogja érni ezt az értéket, mivel az erőművi felhasználás technológiai feltételei már adottak, és a rendelkezésre álló energiaforrás teljes mértékben fenntartható módon aknázzható ki. Ugyanakkor az energiaszükségletek folyamatos csökkenésével 2045-től jelentős mértékű csökkenés várható a felhasználásban, így 2050-re már csak 61%-ban kell igénybe venni az ezen a téren kínálkozó potenciált.

2. Energetikai ültetvények

Az energianövények energetikai célból termesztett főtermékek, amelyek gyorsan növekvő, nagy tömeget adó fajok. Lehetnek lágyszárú, illetve fás szárú

ültetvények, utóbbinak két fő típusa van. Az energiaerdő az erdőgazdálkodási művelési ágba esik, így inkább a hagyományos erdőhöz hasonlítható, fokozottabb energiafa termelési céllal. Az energetikai faültetvény a mezőgazdasági ültetvénygazdálkodási művelési ágba tartozik, és inkább a hagyományos növénytermesztés szabályai vonatkoznak rá. Az energiaültetvények számos természetvédelmi kérdést is felvetnek: gondot okozhat nem várt elterjedésük, behatolásuk értékes természetes élőhelyekre, így a biodiverzitás szempontjából kockázatosak lehetnek. A gyakori tarvágás, a sorok közötti gyomirtás miatt a természetes élővilág csak egy bizonyos szegmensének tudnak élőhelyet nyújtani. Azonban mivel forgatókönyvünkben olyan mezőgazdasági tevékenységet váltanak fel, ahol az előbbi tényezők még intenzívebbek voltak, az ilyen művelési ág változás tulajdonképpen előrelépésként értelmezhető.

Potenciálszámításunk során térinformatikai eszközökkel határoltuk le azokat a területeket, ahol nem érvényesül az értéktartó gazdálkodás elve, vagyis a jelenlegi művelési rendszer a tájhoz, a környezethez nem illeszkedik, illetve a művelési mód intenzitási foka sem tartható, azonban megfelel az energianövények termesztési feltételeinek. Az így kapott terület nagysága közel fél millió hektár, ahol a lehetőségeket figyelembe véve egy viszonylag alacsonyabb hozammal (6,2 t/ha) számolva 64,9 PJ/év potenciált kaptunk, mely egybevág a szakirodalmi adatokkal is (Marosvölgyi B. 2004: 60-70 PJ).

3. Bioüzemanyagok

A bioüzemanyagok előállításával és felhasználásával kapcsolatban számos szempontból fenntarthatósági aggályok merültek fel az utóbbi években. Mindemellett azt is látni kell, hogy a közlekedésben felhasznált fosszilis üzemanyagok alternatíváinak bővítése is szükséges. A mértéktelen iparszerű gazdálkodásra alapozott, ültetvényes energetikai növénytermesztést nem tartjuk hosszú távon elfogadhatónak. Forgatókönyvünkben ezért a

bioüzemanyagok felhasználását csak korlátozott mértékben vesszük igénybe, hosszabb távon ugyanis elkerülhetetlennek tűnik az iparszerű, energiaintenzív gazdálkodás háttérbe szorítása.

Az alapanyagok termesztése kapcsán élesen ketté kell választani a biodízel és a bioetanol gyártását. Hazánkban (és Európában általában) a biodízelgyártás terén a repce a legfontosabb kiindulási termék, míg a bioetanol esetében a kukorica és a búza. A magyarországi körülmények között repceből előállított repce-metilészter (RME) esetében hazai kutatók 2,9-5,5 energetikai rátát (EROEI) számoltak ki, illetve pihentetett területeken ennél 10%-kal magasabb értékeket mértek. A búzából nyert etanol esetében az együttható 3,6-3,9 körüli, cukorrépából nyert etanolnál pedig 2,43-2,53 (Fogarassy Cs. 2001).

Magyarország 7,3 PJ energiának megfelelő felhasználásával a megtermelt bioüzemanyagot lényegében el is fogyasztja. Ezzel az értékkel a magyarországi közlekedési szektor energiafogyasztásának 4,2%-át fedezik. Az 1000 km²-es területegységre vetített értékeket vizsgálva megállapítható, hogy az ország bioüzemanyag felhasználása a térségben található, ám rosszabb mezőgazdasági adottságokkal rendelkező országokhoz képest jelentős elmaradást mutat (EurObserv'ER 2011).

Forgatókönyvünkben a folyékony bioüzemanyagoknak csak szerény szerepet szántunk. Megítélésünk szerint maximum az Európai Unió elvárásainak megfelelő 12 PJ-ra lehetne emelni ezeknek az üzemanyag típusoknak felhasználását 2020-ig (ez a közlekedési szektor energiaigényének 10%-át volna képes fedezni). Hosszú távú célunk kell legyen, hogy ezen közlekedési energiaforrások részaránya a lehetséges mértékben csökkenjen, így 2045-től ezek kis mértékű (20%-os) leszorítását tervezzük, a különféle elektromos üzemű járművek elterjedésének köszönhetően. Annak ellenére gondoljuk ezt lényegesnek, hogy a második generációs cellulózalapú – esetlegesen akár mezőgazdasági és erdőgazdasági melléktermékekre támaszkodó – bioüzemanyagok elterjedése is várható, sőt 2030-tól akár az alacsonyabb

vagy magasabb rendű vízinövényekből előállított harmadik generációs bioüzemanyagok is megjelenhetnek.

4. Biogáz

A kommunális hulladéklerakókon keletkező depóniagáz, a szennyvíziszap, és a mezőgazdasági termeléshez köthető melléktermékek, hulladékok biogáz termeléséhez való felhasználása energetikai, hulladékgazdálkodási és fenntarthatósági szempontból is kedvező folyamat. A kifejezetten biogáz létrehozása céljából termesztett növények kapcsán a véleményünk már nem pozitív, ezek esetében az intenzív, monokultúrás termesztést környezeti szempontból nem tartjuk elfogadhatónak.

A magyarországi biogáz-termelés 1,5 PJ-nyi energiahozamával (KSH 2011) meglehetősen szerénynek mondható, mellyel a középmezőny alján vagyunk az EU tagországok sorában. Rothasztótornyaink ma már főként (57%-ban) mezőgazdasági üzemek, állattartó telepek hulladékát dolgozzák fel, míg 33,5% a szennyvíztelepekhez, 9,1% a hulladéklerakó-telepekhez köthető. A biogáz magyarországi felhasználása esetén 80 PJ technikai potenciállal számoltunk 2050-re. Ezt az értéket a hazai szakirodalmi anyagok adatainak összegzésével kaptuk. Az egyes becslések között óriási eltérésekkel találkozhatunk: míg Bai A. (2007) 77,22 PJ technikai potenciált határoz meg, addig Marosvölgyi B. (2004) 157 PJ értékkel számol.

Tanulmányunkban kizárólag a hulladék alapú biogáz termeléssel foglalkozunk. Ennek oka, hogy a szerves hulladékok (biohulladékok) energetikai célú hasznosítása nem jár olyan ökológiai kockázatokkal, mint amilyenekkel az elsődleges biomassza energetikai célú hasznosításánál számolhatunk. Forgatókönyvünkben a biogáz használatának felfutása 2015-től egyenletesen és gyors ütemben növekszik. Az általunk 2020-ra jelzett biogáz-mennyiség 12 PJ energiát képvisel, 2030-ra 30,4 PJ, 2040-re 70,4 PJ-lal kalkuláltunk, mely az MTA és az Európai Környezetvédelmi Ügynökség számításai és

előrejelzései alapján akár visszafogottnak is tekinthető. A teljes potenciálnak megfelelő mértékű felhasználással nem számolunk, a számítógépes elemzés szerint annak 88%-ára mutatkozik igény 2040-2050 között.

Szélenergia

A hazai elméleti szélenergia-potenciál (a földi légkör mozgási energiájából magyarországi területtel részesedve) Vajda Gy. (1999) szerint 1,8 GW teljesítményt jelentene, amennyiben teljes mértékben ki tudnánk használni azt. A technika fejlődését – és a hazai megújuló energiaforrások megítélését – jelzi azonban a tény, hogy tíz évvel később, 2010-ben, a hazánk területével nagyjából egyező kiterjedésű kelet-német tartományokban már 11,6 GW teljesítménnyel működtek szélturbinák (Ender, C. 2011).

Hogy reálisan lássuk a hazai lehetőségeket, saját, térinformatikai alapú számításokat végeztünk a technikai potenciálok meghatározása céljából. A kutatás részletei megtalálhatók az Erre van előre 1.0 verziójában (Munkácsy B.– Kneip Zs. 2011). A módszertan lényege, hogy a területhasznosítás és a hazai jogszabályok által a szélturbinák telepítését nem kizáró területeket számoltuk össze megyéink többségében, és ez alapján becsültük meg a lehetséges országos kapacitásokat és a potenciális éves szélenergia-termelést. Az eredmény alapján az ország 5,8%-án lehetne ma szélturbinát telepíteni (ha lenne újabb szélenergia-tender), ahol a jelenlegi technológiát alapul véve 48 800 MW ($\pm 10\%$) szélerőmű-kapacitás lenne kiépíthető. A hazai szélerőművek üzemeltetési tapasztalatai alapján becsléseink szerint így évi 370 PJ ($\pm 10\%$) villamos energia termelése lenne lehetséges (technikai potenciál), amely az utóbbi évek hazai villamosenergia-termelésének közel 85%-a (MEKH–MAVIR 2013).

A korábbi számításaink szerint (Munkácsy B.–Kneip Zs. 2011) a hazai szélenergia társadalmi-gazdasági potenciálja kelet-német összehasonlítás alapján 7 623 és 10 694 MW között valószínűsíthető. Újabb számításainkban az összehasonlítást területi, lakossági arányokkal és a gazdaság teljesítményével (GDP-vel) korrigáltuk, és így vizsgáltuk meg, hogy – 1990-ben ugyanabból a helyzetből indulva – az egyes kelet-német tartományok és Berlin városa 20-22 év alatt megvalósult beruházásai alapján milyen volumenű kapacitás-növekedést realizálhatnánk hazánkban a következő évtizedekben. A technika fejlődése miatt 23%-os hatásfokkal számolva összesen 9517 MW ($\pm 15\%$) kapacitás kiépítését látjuk megvalósíthatónak Magyarországon a 2050-es évekig. Ekkora teljesítménnyel 85 PJ villamos energia termelésére nyílna lehetőség, azaz a 2014. évben ezt tekintjük hazánk társadalmi-gazdasági szélenergia potenciáljának 2050-es előrettekintésben.

Vision 2040 jövőképünkben ahhoz, hogy a 2040-50-es időszakban megvalósulhasson a 100% megújuló alapú energiarendszer, a hazai szélturbináknak évi 77,6 PJ villamos energia termelésével kellene hozzájárniuk a villamosenergia-rendszer működéséhez. Ezt a mennyiséget a MEKH–MAVIR (2013) által használt évi 2350 óra csúcskihasználási óraszámval és közel 10 000 MW kapacitással reálisan elő lehet állítani, így ugyanis évi 85 PJ áramtermelésre lehet számítani. Így a 2050-es célértékünkhöz elegendő lenne a potenciál 92%-át hasznosítani.

Napenergia

A hazai napenergia-adottságok európai viszonylatban jónak mondhatók – az ország földrajzi elhelyezkedéséből adódóan területegységre vetítve magasabb a globális besugárzás évi összege (Šúri M. et al. 2007), mint például Németországban, ahol ennek ellenére csak Bajorországban majdnem annyi beépített napelem-kapacitás működött 2012-ben, mint amennyi az összes hazai erőmű összkapacitása (AEE 2014). Hazánkban azonban a

kedvezőtlen támogatási politika következtében a napenergia hasznosítása a legelmaradottabb a hazai megújuló energiaforrások között (KSH 2011).

Technikai potenciálszámításunk részletesen az Erre van előre első verziójának 4.4.1.-es fejezetében olvasható (Munkácsy B. 2011). Zöldmezős beruházásokkal nem számolva, csak a beépített (vagy 2050-ig valószínűsíthetően beépülő), napenergia-termelésre alkalmas tető- és egyéb (pl. parkolók, vasútvonalak egyes szakaszai) felületeket figyelembe véve az ország területének 0,25%-át kaptuk végeredményül. Ezen a felületen – amely 235 millió m^2 -t jelent – valósulhat majd meg napkollektoros hőenergia-, napelemes áramtermelés, vagy pedig hibrid kollektorral kogenerációs termelés. Jövőképünkben az utóbbi technológiával, mégpedig annak áramtermelésre optimalizált változatával számoltunk. Ebben az esetben 33 605 MW kapacitással 152 PJ áram és 212 PJ hőenergia termelése lenne lehetséges – ezt tekintjük a hazai napenergia-hasznosítás technikai potenciáljának.

Társadalmi-gazdasági potenciálunkat a már megvalósult bajorországi napenergia-hasznosítási fejlesztések alapján a területi, népességszámbeli és a GDP alapján mért eltérések figyelembe vételével határoztuk meg. 2050-ig így hibrid napkollektoros rendszereink összkapacitása 10 165 MWp ($\pm 25\%$) lehetne, mellyel 71 millió m^2 nagyon kedvezően beépíthető területen 46 PJ ($\pm 25\%$) villamos energia és 64 PJ ($\pm 25\%$) hőenergia termelése lenne realizálható.

Vision 2040 jövőképünkben a kezdeti évtizedekben lassan, ám fokozatosan növekvő napenergia-hasznosítással számoltunk. A villamosenergia-termelés már 2040-ben eléri maximumát, ekkor – és 2050-ig minden évben – a társadalmi-gazdasági potenciál 39%-át, 17,8 PJ-t termelnek majd hibrid kollektorok. A napenergiával történő hőtermelés csak 2045-ben éri el csúcst, 20,3 PJ-t, ami a potenciál 32%-át jelenti. A század közepére így az

összes energiatermelés 12%-át adják majd a napenergiát hasznosító rendszerek jövőképunk számításai szerint.

Környezeti hő

A környezeti hő hasznosítása alatt értjük a mélységi és felszínközeli geotermikus, a hidrotermikus és a légtermikus energia felhasználását, melyek az első kivételével hőszivattyús technológiák alkalmazását igénylik. Hazánkban jelenleg még csak a mélységi geotermikus energia (hő)hasznosítása a jellemző, de sajnos az is pazarló módon: a direkt hőhasznosításhoz (pl. gyógyfürdők, üvegházfűtés stb.) évi 26-38 PJ hőenergiával rendelkező meleg vizet hozunk felszínre, és ebből átlagosan csak 4 PJ-t hasznosítunk (KSH 2011). Geotermikus áramtermelésre elvileg lenne lehetőség hazánkban is, a kísérleti fázisoknál azonban egyelőre nem sikerült továbblépni.

Az elméleti potenciál értékét Rezessy et al. (2005) a negyedidőszaki és felső-pannóniai korú képződmények hőmennyisége alapján 5 380 000 PJ-ra becsülte. A technikai potenciál értékét a szakirodalom alapján (lásd Erre van előre 1.0, 4.4.3. fejezet [Munkácsy B. – Krassován K. 2011]) becsültük meg: így 65 PJ mélységi és 35 PJ felszínközeli (talajszondás és talajkollektoros környezeti hő) geotermikus potenciállal számoltunk.

A hőszivattyúzás potenciálját nehéz meghatározni: ugyanis míg a környezeti hőmennyiség szinte kimeríthetetlen energiaforrást jelent, a fenntarthatóság szempontjának a megújuló alapú árammal működő hőszivattyúk felelnek meg. Becsléseink alapján 54,68 PJ (ha COP=4) illetve 68,35 PJ (ha COP=5) hőszivattyús hőtermelésre elegendő megújuló alapú villamos energiát lehetne ilyen célra fordítani a 2050-es években; ezeket a számokat tekinthetjük tehát a hőszivattyúzás potenciáljainak 2050-re.

Jövőképunkben a környezeti hő hasznosításának átmeneti szerepet szántunk: elsősorban a 2035-40-es években kapnának kiemelkedő szerepet ezen technológiák. Ekkor összességében évi 65 PJ-lal járulnának hozzá az összes energiatermeléshez, ez az érték azonban 2050-re közel 40%-kal csökkenne kalkulációink szerint, még hozzá 39,5 PJ-ra.

Vízenergia

Mivel hazánk területén nincsenek nagy esésű folyók, vízenergia-termelésünk nem jelentős: 50 MW-nyi vízerőművünk évi 0,7-0,8 PJ villamos energiát termel (KSH 2011). Mindezek ellenére érdemes azonban megemlékezni arról a több ezer vízimalomról, amely az 1870-es években hazánkban működött (Kádár P. 2010), és amelyek valószínűleg kis teljesítményűek voltak, de a kezdeti áramtermelés mellett akár fontos mechanikai munkákat is elvégeztek.

A potenciálok meghatározásánál a vízenergia esetében is elsősorban a szakirodalomra támaszkodtunk, melyről áttekintés az Erre van előre 4.4.5. fejezetében olvasható (Sáfián F. 2011). Hazánk elméleti vízenergia-potenciálja 27 PJ körül alakul, amely körülbelül 1400 MW-nyi kapacitásnak felel meg; míg a technikai potenciál értékét 16,2-16,5 PJ-ra teszik, amely 1000 MW összteljesítményt jelentene. Ezen számítások magukban foglalják a legnagyobb vízenergia-potenciállal rendelkező Dunán és Tiszán épülő vízerőművek terveit is.

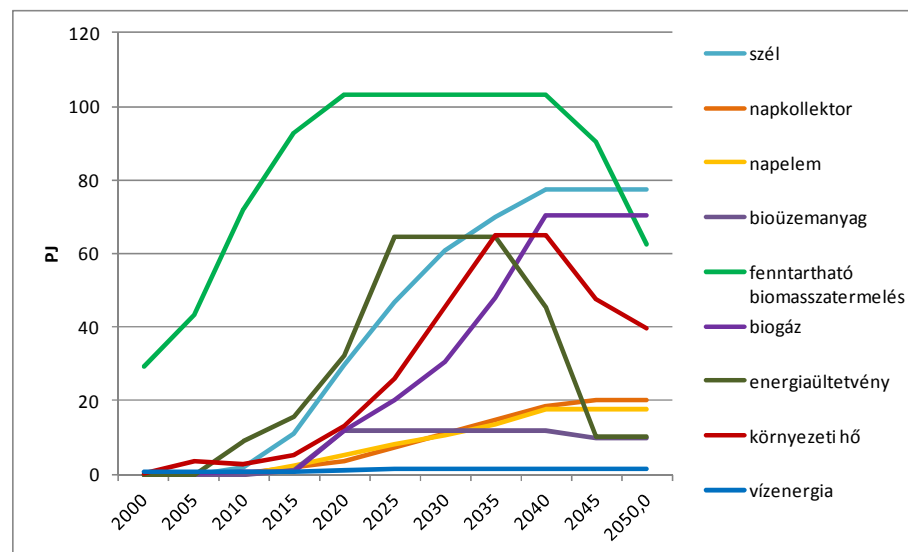
Tekintve, hogy ökológiai szempontból is fenntartható energiarendszer tervezése a célunk, társadalmi-gazdasági potenciálbecslésünk nem tartalmazza a fenti óriáserőművek megvalósításának lehetőségét. Jövőképunkben elsősorban a meglévő létesítmények (például duzzasztók) átalakításával, kiserőműveink kapacitásának bővítésével, rekonstrukciójával vagy újak építésével számolunk; felvetjük a hajómalmok elvén működő kiserőművek működtetésének újbóli lehetőségét; illetve mederfenéki

átáramlásos turbinák használatának vizsgálatát. Mindezek figyelembe vételével 2 PJ társadalmi-gazdasági vízenergia-potenciált határoztunk meg.

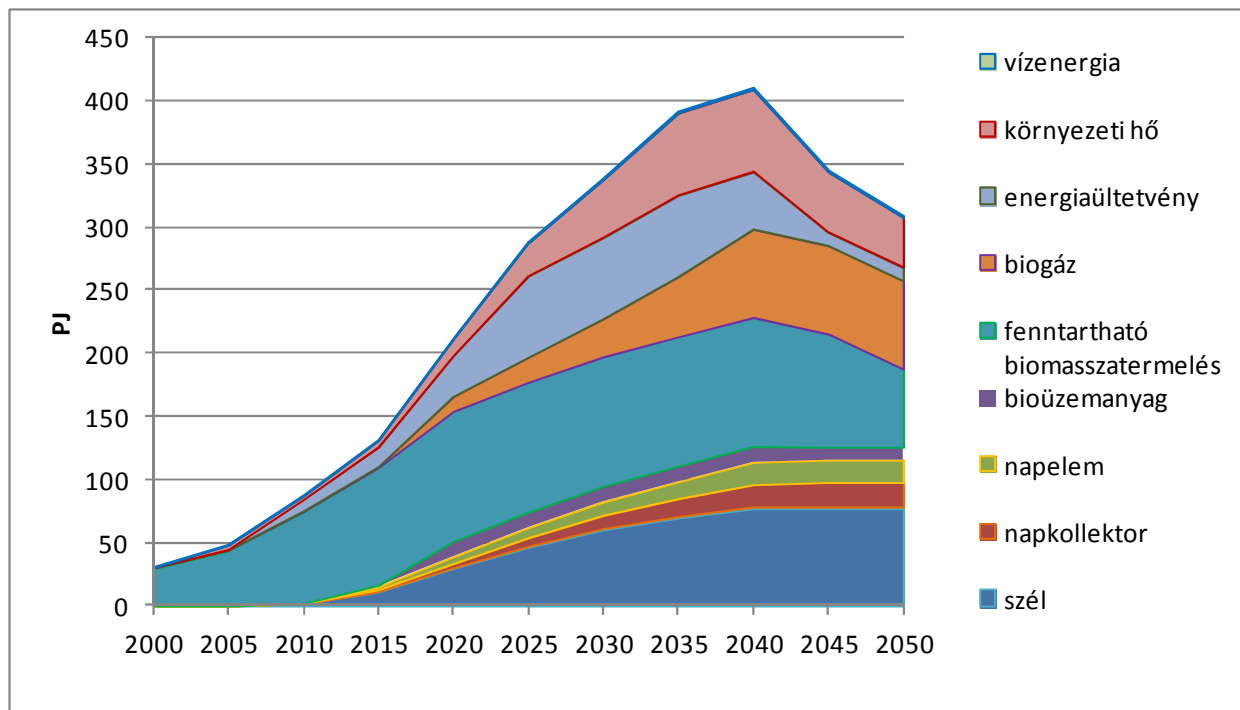
A Vision 2040 forgatókönyvünkben azonban számításaink szerint elegendő lenne a potenciál 80%-át kihasználnunk: a hazai vízenergia-hasznosítás így 2035-től évi 1,6 PJ áramtermeléssel járulna hozzá a villamosenergia-igények kielégítéséhez.

A megújuló energiaforrások felhasználása forgatókönyvünkben – áttekintés

Az energiatakarékosság és az energiahatékonyság növelésével forgatókönyvünk szerint a jelenlegi energiaigény 27%-ára lehetne csökkenteni a gazdaság teljes energiafelhasználását 2050-ig. Az összes nettó energiaellátás ez alapján tehát a kiindulási évet jelentő 2000. évi 1089 PJ-ról 2030-ra 543 PJ-ra, majd egy következő lépésben **2050-re 296,9 PJ-ra** lenne csökkenthető. Az **energiaforrások felhasználásának ilyen mértékű csökkentése** – ha azokat hosszú távon, fenntartható módon kívánjuk kielégíteni – nem csak szükséges, de a külföldi kutatási dokumentumok, stratégiák célértékeivel összehasonlítva, valamint eddigi személyes és kutatási tapasztalataink alapján egyaránt **reális elvárás**.



73. ábra: A megújuló alapú energiatermelés forrásoldalának lehetséges alakulása 2000-től 2050-ig az Erre van előre kutatás alapján (2000-2010 valós adatok a KSH 2011 alapján; 2010-2050: Vision 2040)

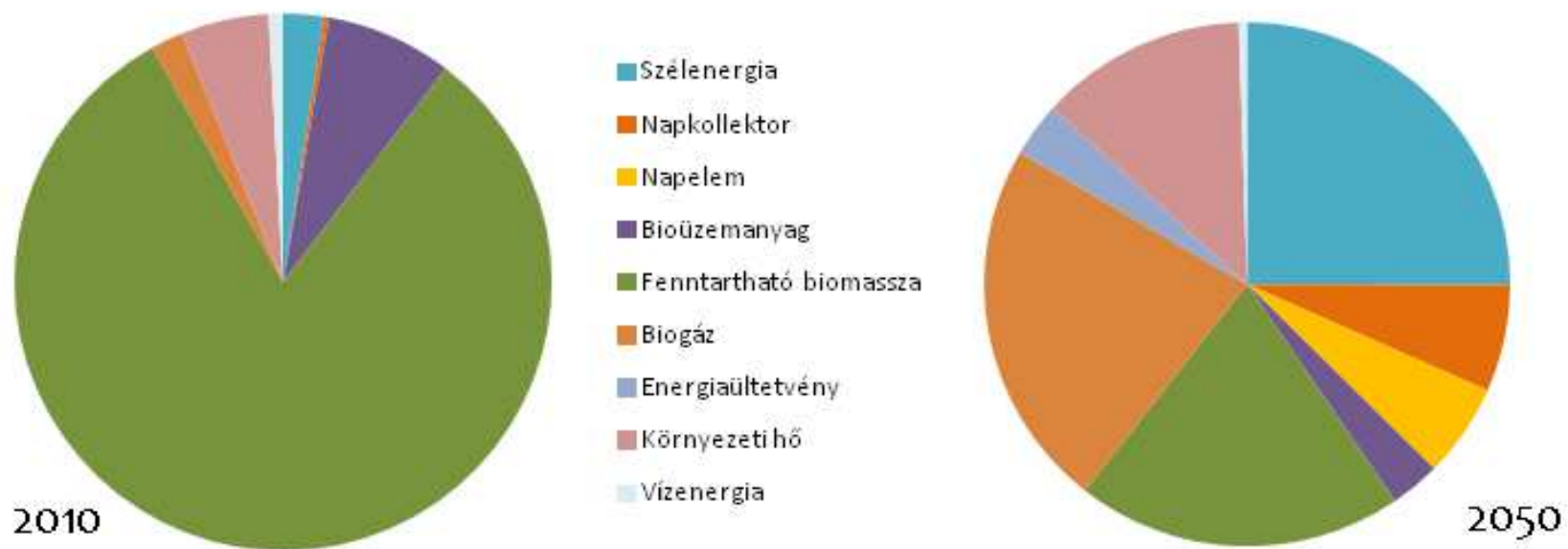


74. ábra: A KUMMULÁLT megújuló alapú energiatermelés forrásoldalának lehetséges alakulása 2000-től 2050-ig az Erre van előre kutatás alapján (2000-2010 valós adatok a KSH 2011 alapján; 2010-2050: Vision 2040)

A megújuló alapú energiatermelés forгатókönyvünk alapján 2010 után dinamikusán nő 2040-ig, amikor ezen források aránya eléri a 100%-ot. A 74. ábra szerint a növekedés a kezdeti években a korábbi évek dinamikáját követi, és csak ezután bővül radikálisan a megújulók felhasználása. A legnagyobb volumenű megújuló alapú termelésre a 2030-40-es években lesz szükség, amikor az utolsó fosszilis alapú kapacitások kiváltása történik. Ezt követően az energiahatékonyság folyamatos növelése az energiaigények további csökkenését eredményezi, amely – véleményünk szerint elsősorban a

megújulók között leginkább vitatott – biomassza felhasználás visszaszorítását kellene eredményezze.

A megújuló energiaforrások szerkezetének változása kapcsán (75. ábra) 2050-re egy sokkal kiegyensúlyozottabb állapot elérése a cél, ahol a szél (77,5 PJ), a biogáz (70,4 PJ) és a fenntartható biomassza alapú energiatermelés (62,3 PJ) a leginkább meghatározó. Rendszerszabályozási szempontból fontos megjegyezni, hogy ebben a 100% megújuló alapú rendszerben kevesebb, mint 40% az időjárásfüggő, szakaszosan megtermelt energia aránya.



75. ábra: A hazai energiagazdálkodás megújulóenergia-felhasználásának szerkezete 2010-ben (KSH 2011) és 2050-ben (Erre van előre, Vision 2040)

Felhasznált irodalom

AEE (2014): Landesinfo: Bayern — Solar. Agentur für Erneuerbare Energien (letöltve: 2014. 02. 10.) <http://www.foederal-erneuerbar.de/landesinfo/bundesland/BY/kategorie/solar>

Bai A. (szerk.) (2007): A biogáz. - Száz magyar falu könyvesháza, Budapest. 283. p.

Bertók T. (szerk.) (1999): Csináljuk jól sorozat: A megújuló energiaforrások hasznosítása az önkormányzatok számára. Energia Központ Kht. www.undp.hu/oss_hu/tartalom/kiadvanyh/kiadvanyh_body/cinaljukjol/szam14.htm

Dinya L. (2010): Biomassza-alapú energiatermelés és fenntartható energiagazdálkodás. Magyar tudomány, 2010. augusztus. pp. 912-925.

Ender, C. (2011): Wind Energy Use in Germany - Status 31. 12. 2010. – In: DEWI Magazin, Deutsches Windenergie-Institut, Wilhelmshaven, 38; pp. 36-48

EurObserv'ER (2011): Biofuels Barometer. http://www.euroobserver.org/pdf/biofuels_2011.pdf

Gyulai I. (2011): Biomassza-dilemma. 4. átdolgozott kiadás. MTVSZ, 116 p.

Kádár P. (2010): A vízimalmoktól a vízerőművekig. Új Mandátum Könyvkiadó, Budapest.

KSH (2011): 5.7.4. Megújuló energiaforrásokból termelt energia, energiaforrások szerint (1995–) [TJ]. (letöltve: 2014. 01. 28.) http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_ui012b.html

Lukács Gergely Sándor (2009): Megújuló energia és vidékfejlesztés, Szaktudás Kiadó Ház, Budapest 265 p.

Marosvölgyi B. (2004): Magyarország biomassza-energetikai potenciálja. - Energiagazdálkodás, 45. 6. pp. 16-19.

MEKH–MAVIR (2013): A magyar villamosenergia-rendszer (VER) 2012. évi statisztikai adatai. (letöltve: 2013. 09. 21.) http://www.mekh.hu/gcpdocs/86/MAVIR_MEKH_VER_statiztika_2012.pdf

Munkácsy B. – Kneip Zs. (2011): A megújuló energiaforrások potenciáljai Magyarországon – A szélenergia. In: Erre van előre! Egy fenntartható energiarendszer keretei Magyarországon (szerk.: Munkácsy Béla), pp. 106-111.

Munkácsy B. – Krassován K. (2011): A környezeti hő felhasználásának lehetőségei 2050-ig. in: Erre van előre! Egy fenntartható energiarendszer keretei Magyarországon (szerk.: Munkácsy Béla), pp. 101-105.

Munkácsy B. (2011): A megújuló energiaforrások potenciáljai Magyarországon – Napenergia. In: Erre van előre! Egy fenntartható energiarendszer keretei Magyarországon (szerk.: Munkácsy Béla), pp. 78-86.

Pappné Vancsó J. (2010): A biomassza, mint energiaforrás hasznosítási lehetőségei, különös tekintettel Magyarországra. Doktori értekezés, ELTE Földtudományi Doktori Iskola

Rezessy G. – Szanyi J. – Hámor T. (2005): Jelentés a geotermikus energiavagyon állami nyilvántartásának kialakításáról. Kézirat, MGSZ Budapest, p.82.

Sáfián F. (2011): Vízenergia. In: Munkácsy Béla (szerk.)(2011): Erre van előre! Egy fenntartható energiarendszer keretei Magyarországon. Környezeti Nevelési Hálózat Országos Egyesület, Szigetszentmiklós, pp. 111-114.

Šúri M. et al. (2007): Potential of solar electricity generation in the European Union member states and candidate countries. Solar Energy, 81, pp. 1295-1305.

Vajda Gy. (1999): Energiaforrások. Magyar Tudomány, 6. pp. 645–675.

8. Kihívások és akadályok – avagy mely tényezők befolyásolják a forgatókönyv megvalósítását?

Energiaforgatókönyvünkben azt feltételeztük, hogy a szabályozás rendszere a továbbiakban nem akadályozza, hanem kifejezetten segíti a – véleményünk szerint – elkerülhetetlen változások megvalósítását. Alapfeltételnek azt tekintettük, hogy a jelenlegi jogi és gazdasági szabályozási struktúrát felváltja egy friss szemléletű rendszer, amely minden más elé a környezeti fenntarthatóság szempontjait helyezi.

Gyakorta felmerül az a kérdés, hogy vajon mennyibe fog kerülni ez az átalakítás, és ki fogja ezt a hatalmas költséget finanszírozni. Ennek kapcsán több lényeges szempontot ajánlunk mérlegelésre. Egyfelől az energiarendszer puszta működtetése is költségekkel jár, hiszen az erőművek idővel elavulnak – cseréjük, ha tetszik, ha nem, elkerülhetetlen. A villamos vezetékhálózat elemei ugyancsak folyamatos karbantartást, bővítést igényelnek. A közlekedés eszközei is elavulnak, éppen úgy, ahogyan az épületek felújítása is időről időre szükségessé válik. Vagyis sok esetben itt valójában arról van szó, hogy **az elkerülhetetlen kiadásokat az eddigi, válsághelyzetet előidéző rendszer további finanszírozására fordítjuk-e, vagy a korszerűbb, környezetkímélő megoldásokba fektetjük a pénzünket.**

Az értékrendünket is át kell szabnunk: kiadásaink megtervezésénél a környezeti szempontokat sokkal előbbre kell sorolnunk, és így például autót vásárlás vagy külföldi nyaralás helyett napkollektorokba, napelemekbe vagy hőszigetelésbe kell fektetnünk a megtakarításainkat. Vagyis saját magunk további kényeztetése helyett sokkal inkább gyermekeink jövőjét biztos – vagy legalább kevésbé ingatag – alapokra helyezni. Éppen ezért a kötet szerzői egy harmadik megközelítést is megfontolásra ajánlanak. A felmerülő kérdést nem úgy kell feltennünk, hogy vajon miből finanszírozzuk

az átállással kapcsolatos kiadásokat, hanem sokkal inkább úgy, hogy **vajon a jelenlegi rendszer további fenntartása miatt a jövőben felmerülő drámai léptékű károk mentesítését hogyan fogja majd az emberiség finanszírozni.**

Ugyanakkor az is nyilvánvaló, hogy az átalakulási folyamat nem lesz egyszerű. Bizonyosan számolni kell különféle akadályok felbukkanásával, így egyes kérdésekben a társadalom negatív válaszreakcióival, vagy az erőforrások szűkösségének problematikájával. Ebben a fejezetben az energetikai irányváltás tágabb környezetét mutatjuk be, és ennek keretében néhány olyan problémára is rávilágítunk, amely nehezítheti az átalakulást, illetve olyanokra is, amelyek segíthetik ezt a folyamatot.

8.1 A fenntartható energiagazdálkodás pszichológiai akadályai és járható útja

Fajzi György

Az elmúlt 150 év minden képzeletet felülmúló tudományos, technikai és gazdasági fejlődésének anyagi hajtóereje a földtörténet sok százmillió éve alatt felhalmozódott fosszilis energiaforrások voltak, melyek mára a felhasználás közel 90%-át adják (Szépvölgyi J. 2010). Ez tette lehetővé bolygónkon a népesség és fogyasztás ugrásszerű növekedését, miközben természeti erőforrásaink szűkössé váltak, életfeltételeinket biztosító környezetünk állapota pedig leromlott. Ám ez a folyamat Földünk zárt rendszerében nem folytatható tovább, alapvető változtatásokra van szükség. Az átalakítás technológiai, mint a könyv többi fejezetében is olvasható, a gyors fejlődésnek köszönhetően egyre inkább rendelkezésünkre állnak. A változás emberi oldala, az energiatakarékosság és a megújuló energiaforrások széles körű elfogadása azonban még várat magára. A megújuló energiaforrások bevezetése mellett jelentős **fogyasztáscsökkentésre** is szükség van, hiszen a megújuló időkben történő bevezetésük esetén is, Mackay (2011) és mások szerint, csupán mai fogyasztásunk egy részét, nagyjából a felét lesznek képesek fedezni. Ezt a **hatékonyság** folyamatos javulása önmagában nem oldja meg, jelentős **energiatakarékosságra** is szükség van, aminek megvalósulásában gazdasági és lelki tényezők is szerepet játszanak. A közgondolkodásnak, a kollektív és egyéni tudat átalakulásának időben kell megtörténnie, hogy a társadalmi kihívás ne romboló méretű, hanem építő hatású legyen. Ezért a sikeres átmenethez figyelembe kell venni az emberi viselkedést meghatározó pszichológiai tényezőket is.

Miért csak beszélünk róla?

A fenntartható fejlődés fontosságával már több mint 40 éve tisztában van a világ, hiszen 1972-ben rendezték meg az első ENSZ által szervezett környezetvédelmi világkonferenciát Stockholmban. Ugyanebben az évben jelent meg a Római Klub első közismertté vált jelentése, „A növekedés határai” című dokumentum. A szerzők a jövő kutatás tudományos módszereivel modellezték a világ legfontosabb tendenciáit 1970 és 2100 között. Az eredmény döbbenetes volt, hiszen számításaik szerint jelentős változás, beavatkozás nélkül a 21. század közepe táján az emberi civilizáció és populáció összeomlik. A változtatás hatékonyságától, mértékétől függően természetesen különféle forgatókönyvek lehetségesek, közöttük fenntartható megoldást is sikerült modellezni (Meadows, D. et al. 1972). A kutatást azóta sokan és sokszor megismételték, aktualizálták, de az eredmény lényege nem változott (Meadows, D. et al. 2005).

A fenntarthatóság szakirodalma mára könyvtáryira duzzadt. Mindennek, és a hatalmas nemzetközi és helyi erőfeszítéseknek ellenére a megvalósítás túlzottan lassan történik – sajnos hazánkban is. A tehetetlenség oka a szakirodalom jelentős része szerint elménk működésében rejlik. Több forrás szerint erkölcsi hiányosságaink (A Magyar Katolikus Püspöki Konferencia körlevele 2008; Mérő L. 1996; Nemzeti Fenntartható Fejlődési Tanács 2010) vagy gondolkodásmódunk (Mérő L. 1996; Takáts A. 2010) okolható a túl lassú haladásért. Varga A. (2006) a környezeti válság három okáról ír, melyek szintén elménk működésmódjából erednek. Ezek az evolúciós, a játékelméleti és a kulturális okok, illetve magyarázatok.

A fenti magyarázatokkal egyet érthetünk, de a fenntartható fejlődés akadályaira nem elég rámutatni, azok hatásmechanizmusát is meg kell értenünk ahhoz, hogy a szükséges változtatásokat meg tudjuk valósítani. A következőkben az emberi viselkedéssel foglalkozó tudományok áttekintése révén tárgyaljuk azokat az ismereteket, amelyek megmagyarázzák, hogy

miért csak beszélünk a fenntarthatóságról. Mik lehetnek vajon azok a lelki akadályok, amelyek a hatékony és elégséges cselekvés útjában állnak? Ezek ismeretében felfedezhetők azok a még járatlan belső utak, amelyek a szükséges változtatásokat lehetővé teszik.

Kőkori elmék a modern kultúrában

Miből következtethetünk arra, hogy a fenntarthatóságba való átmenet útjában pszichológiai akadályok állnak? Abból, hogy ha pszichológiai akadályok nem lennének, akkor a többség racionális és előrelátó gondolkodása révén a fenntarthatóság néhány évtized alatt megvalósult volna, ill. megvalósítható lenne. Ezt a jelen kötet példái, illetve maga a forгатókönyv is alátámasztják. Az elmúlt negyven évben azonban összességében nagyon keveset léptünk előre. Ha egy ember tudja, hogy mit kell tenni és képes is azt megvalósítani, de mégsem teszi meg, akkor joggal gondolhatjuk, hogy pszichológiai akadályai vannak a cselekvésnek. Az emberiség, ill. az embercsoportok, társadalmak is tudják, mi a feladatuk, képesek is ezt megvalósítani – hiszen óriási szakirodalma van a fenntartható fejlődésnek – mégsem tudunk érdemi eredményeket felmutatni.

Intelligenciánk azt mondja, hogy a fenntarthatóság mindennél fontosabb, egyéb **indítékaink** viszont elsöprik és a háttérbe szorítják okoskodását – legalábbis a legtöbb ember esetében. Ezt bizonyítják a politikai választások, valamint az egyének és csoportok döntéseinek, viselkedésmódjának többsége. Az elmúlt negyven évben ezt sokszor megtapasztalhattuk. Az okok, vagyis a pszichológiai akadályok kezelése nélkül a következő negyven évben is hasonló tehetetlenségre számíthatunk. Mik lehetnek vajon ezek az egyéb indítékok, melyek gyakran felülírják racionális következtetéseinket?

Indítékaink nagy része **öröklött pszichológiai programok** formájában, elménk működésének részeként létezik bennünk, mindnyájunkban. Ezek az algoritmusok azonban nem mindig szolgálják jól felfogott érdekeinket. Ennek oka, hogy agyunk evolúciójának sok százmillió éves története során jöttek létre az akkori alkalmazkodási problémák megoldása érdekében, melyek között a mai problémák nagy része nem szerepelt. A civilizáció néhány ezer éve ezeken a programokon már nem tudott számottevően változtatni az idő rövidsége és az elme bonyolultsága miatt. Rendeltetésük mindig a genetikai rátermettség növelése, vagyis a sikeres szaporodás biztosítása volt, a kialakulásukkor létező viszonyok között. Csak azok a programok maradtak fenn, amelyek révén a hordozóinál ez megvalósult, és később csak azok tűntek el, amelyek ezt tartósan akadályozták (Bereczkei T. 2003).

A mai evolúciós pszichológia közismert gondolata szerint **„modern koponyánk kőkori elmét rejt”** (Cosmides, L.M. – Tooby, J. 1997). Az emberré válás kb. 3,5 millió esztendejének több mint 99%-át kőkori környezetben töltöttük vadászó, halászó, gyűjtögető életforma keretei között. Agyunk az akkori szociális, kulturális és természeti környezet kihívásainak megválaszolására szelektálódott, miközben térfogata háromszorosára nőtt. Viselkedésünket ezért ma is jelentős mértékben az emberré válás előtt és alatt sikeresnek bizonyuló mechanizmusok irányítják. Ezek a pszichológiai programok minden emberben megvannak és hasonlóak, mint pl. testi adottságaink. Működésük mégis szinte észrevétlen, mivel nálunk, embereknél nem közvetlenül a viselkedést határozzák meg, hanem a viselkedés mögött álló indítékokat, preferenciákat, érzékelési és gondolkodási módokat és ezekhez tartozó érzelmeket. A programok megvalósulása érdekében létrejövő viselkedés viszont nagyon rugalmas, ezért az ember minden kultúrához és szélsőséges körülményekhez is tud alkalmazkodni (Cosmides, L.M. – Tooby, J. 1997; Bereczkei T. 2003; Lakatos L. – Janka Z. 2008).

Például ma is, mint az őskorban, minél több energiához szeretnénk jutni életünk biztonsága és kényelme érdekében. Az őskorban a zsíros falatokat, édes gyümölcsöket és a tüzelőt gyűjtögetéssel és vadászattal szereztük meg. Ma viszont a jól fizető állásokat, megbízásokat, pályázatokat igyekszünk „levadászni” és a pénzt gyűjtögetjük az energiákhoz való bőséges hozzáférés biztosítása érdekében. Ebből és más tapasztalatainkból is látható, hogy mindenhol és minden körülmények között viselkedésünk főbb tendenciái nagyon hasonlóak, amit Csányi V. (1999), és mások nyomán **emberi természetnek** is nevezhetünk. Mik is ezek a természetünket alkotó, ősi pszichológiai programok, melyek ilyen nagy hatással vannak viselkedésünkre?

Állati örökségünk

A pszichológiai programok keletkezésének időszakát és körülményeit két csoportba sorolhatjuk: az emberré válás előtti és az alatti időszakra, körülményekre. Az emberi agy kifejlődésének története sok százmillió éven át együtt haladt állati elődeink evolúciójával. Közben kialakult, csiszolódott az állatokra általában jellemző működésmód, amely nagyrészt az emberré válás során is megmaradt.

Például az erőforrásokkal való bánásmódunkat is ilyen ősi programok vezérlik. Minden élőlény igyekszik a legkevesebb ráfordítás árán a lehető legtöbb erőforráshoz jutni. A megszerzett erőforrásokat aztán genetikai rátermettségének növelésére fordítja oly módon, hogy génekészlete minél nagyobb mértékben megjelenjen a következő generációkban. Ezt úgy éri el, hogy erőforrásait egyrészt magára fordítja a növekedés, fejlődés, homeosztázis biztosítása érdekében. Másrészt pedig szaporodása érdekében használja fel a párzás, szülői gondoskodás és rokoni támogatás formájában. A ráfordítások arányait minden egyed a pillanatnyi körülmények függvényében optimalizálja a maximális genetikai rátermettség vagy nyereség elérése

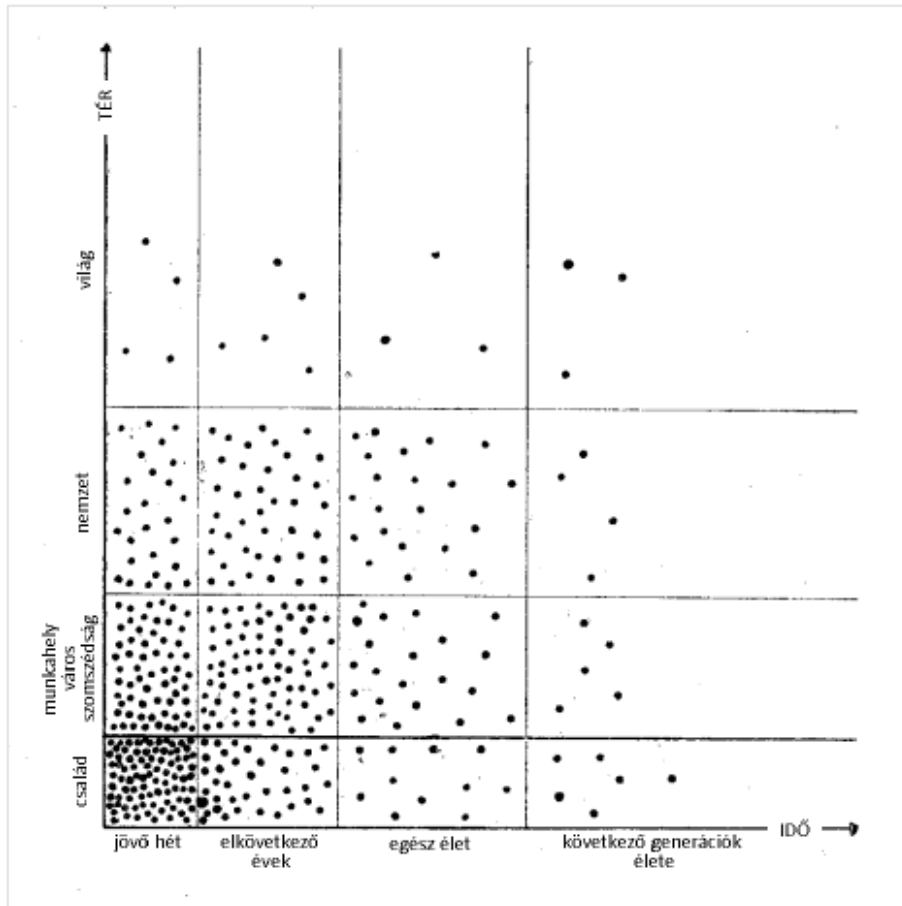
érdekében. Ezek az alapvető programok az embernél is működnek (Bereczkei T. 2003). A fogyasztói kultúra legfőbb lelki hajtóereje ez a pszichológiai program, aminek eredményeként természeti erőforrásaink jelentős részét már el is fogyasztottuk.

Kőkori örökségünk

Csoporton belüli és csoportok közötti kapcsolatok

Emberi kapcsolataink irányítására alakult ki a legtöbb és legkidolgozottabb pszichológiai program, hiszen ezek voltak az életben maradás és szaporodás legfőbb feltételei. Ezek a ma is működő algoritmusok a kőkori körülmények kihívásainak megválaszolására fejlődtek ki. Őseink 100-200 fős, nagyrészt zárt, összetartó csoportokban éltek. Az egyén számára alapvetően fontos volt a saját csoport általi elfogadás, a csoporton belüli minél jobb helyzet elérése, valamint az egész csoport sikere. Ma is általában 100-200 ismerőse van egy embernek, akiknek igyekszik megfelelni (Bereczkei T. 2003). Velük szívesen együttműködik, és döntéseknél gyakran figyelembe veszi érdekeiket.

A Római Klub már említett első jelentése szerint a probléma fő oka, hogy döntéseinket többségében rövid időtávban előretékintve és csak magunkra, esetleg szűk környezetünk érdekeire figyelemmel hozzuk meg.



76. ábra: A mindennapi döntéshozatal térbeli és időbeli síkja (Meadows, D. H. et al. 1972)

A saját csoporton kívülieket azonban általában idegeneknek tekintjük, akikkel bizalmatlanok vagyunk és csak érdekből működünk együtt velük. Döntéseknél az ő érdekeit már kevésbé vesszük figyelembe. Könnyen kialakulhat vagy kialakítható a versengés, az idegenektől való félelem, és az

idegengyűlölet. A szomszédos csoportok együttműködtek és rivalizáltak, időnként háborúztak is egymással (Csányi V. 1999; 2011). A fenntarthatóság megteremtését a rivalizáció, főleg a csoportok közötti versengés nagymértékben nehezíti, hiszen a közös cél érdekében sokrétű kooperációra lenne szükség az emberek és a különböző csoportok között.

Gondolkodásunk sablonjai

Gondolkodásunkat is áthatják az ősi programok, ezért ha nem vigyázunk, azok könnyen félrevezetnek bennünket. Ezek a programok ugyanis rendkívül egyszerűek, sablonosak, ezért gyorsak és kevés energiát igényelnek. Szinte azonnal, erőfeszítés nélkül jönnek az intuíciónyszerű válaszok, melyeket olyan általános irányelvek vezetnek, mint „**ragadd meg, amit felismersz**” vagy a lehetőségek közül „**válaszd mindig a jobbat, nagyobbat, gyorsabbat,**” stb. Ezek az algoritmusok főleg a kialakulásukhoz hasonló körülmények között működnek megfelelően, sőt meglepően jól, hiszen egy nagy, 100-200 fős csoportban nincs mód állandóan minden helyzetet alaposan elemezni (Bereczkei T. 2003). Valószínűsíthető, hogy gyakran sem elég idő, sem elég információ nem állt rendelkezésre. A mai közéletben azonban sok hibát okoznak, mivel gyakran helyettesítik az alapos utánajárást és elemzést. Például, ha a jövőkutatók rendkívül alapos, elemző, tudományos módszereinek eredményei helyett egyszerűen csak intuíciónkra támaszkodnánk kilátásaink megítélésében, akkor könnyen rendkívül nagy hibát követhetnénk el. Érdekes tehát azon is elgondolkodni, hogy mikor elég az intuíció, mikor szükséges ellenőrizni vagy esetleg mellőzni.

Az 76. ábra azt érzékelteti, hogy döntéseinknél főleg saját magunk, esetleg szűk környezetünk rövid távú érdekeit vesszük figyelembe. Ha utánanéznénk a dolgoknak, racionálisan gondolkodva könnyen rájöhethetnénk, hogy a hosszú távú, globális gondolkodás saját önző érdekeinket is szolgálja, utódainkon keresztül. Idáig azonban kevés ember jut el. Általában nem az értelmi képességekkel van baj, hanem az ősi, érzelmekkel erősített algoritmusok

gyakran erősebbek, így könnyen félretolják a racionális érveket, gondolatokat.

A sablonos gondolkodási programok erőssége, dominanciája miatt érdemes külön felhívni a figyelmet a hosszú távú gondolkodás fontosságára. Ezt teszi a Long Now Alapítvány, többek között azzal, hogy öt számjeggyel írja az évszámokat, így most 02014 van. Ezzel is jelezni akarják, hogy ahogyan 10 000 éve ember élt a Földön, úgy 10 000 év múlva is fognak itt emberek élni. De, hogy milyen életet, az rajtunk is múlik... (Rose, A. 2010).

Információink szűrői

A veszélyt nem mindig érzékeljük megfelelően, erről **elhárító**, vagy **érvédő mechanizmusaink** is tehetnek. Ezek algoritmusai is a kőkorban alakultak ki. Feladatuk nagyon fontos: az elme optimális működőképességét hivatottak biztosítani azzal, hogy a rossz érzéseket és gondolatokat igyekeznek száműzni a tudatból. Kialakulásukkor a távoli veszélyeket még nemigen lehetett előre látni, a kockázatot megjósolni, ezért gyakori lehetett a tévedés vagy rémhír. Ennek következtében az ilyen típusú veszélyeket könnyen törli tudatunkból ez a tudattalanul működő mechanizmus. Ma már az előrejelzések sokkal pontosabbak, pszichológiai programjaink azonban változatlanok. Például az egészségtelen életmód kockázatai és elkerülésük lehetőségei már közismertek. A legtöbb ember azonban mégsem ezeknek a figyelembevételére alapján viselkedik, mert vagy – struccpolitikát folytatva – különböző módon elnyomja magában az ezzel kapcsolatos gondolatokat, vagy sikeresen megmagyarázza magának, hogy miért is hagyja őket figyelmen kívül.

Egy egész társadalom is képes elhárítani a negatív érzéseket, félelmet vagy bűntudatot keltő gondolatokat. Popper Péter: *Az önként vállalt vakság – Menekülés a hétköznapiakba* című könyvben fejti ki a **társadalmi katasztrófavakság** fogalmának lényegét. Értelmezése szerint az elhárító

mechanizmusok néha olyan erősek, hogy a csoport vagy a társadalom többsége – egymást erősítve – nem látja meg a valóságot, a közelgő veszélyt. Oka a jövőtől, a katasztrófától való félelem, célja pedig ennek csökkentése (Kalo J. – Kígyós É. – Popper P. 2006).

Ezt tesszük például az atomerőművek esetében. A jelen kockázatairól éppen úgy nem veszünk tudomást, mint a radioaktív hulladék jövőt terhelő problémáiról. Hasonlóképpen társadalmi méretű elhárítást jelez a nagy fogyasztású, jelentős környezetterhelést okozó „városi terepjárók” státusszimbólummá válása. Nem csak használóik hárítják el maguktól a „rossz gondolatokat”, hanem a társadalmi elismerést nyújtó többség is, hiszen nélkülük a nagy fogyasztású autók nem státusszimbólumok lennének, hanem ökológiai szégyenfoltok. Az egyébként nagyon hasznos elhárítások, a megváltozott környezetben tehát néha hibásan működnek, így olyan területeken is aktivizálódnak, amelyeken éppen a túlélés esélyeit, végül is a genetikai rátermettséget csökkentik.

A valóság pontos észlelését ezeken kívül még külső körülmények is torzítják. Olyan információ-áradatban élünk, amelyből igazán nehéz kihámozni a tényleg fontos ismereteket. Ráadásul jelentős részük dezinformáció vagy manipuláció. Nem csoda tehát, hogy minden ember kialakított magának egy szűrőt, melyen néha fontos ismeretek is fennakadnak. Ráadásul a fenntarthatósággal kapcsolatos híreket általában a „nem a személyünket érintő információk” közé soroljuk, így kevés figyelmet szentelünk rájuk.

Az ember azonosulása kultúrájával

Az őskorban, mint ma a természeti népek esetében, a saját csoporthoz tartozás egyben a saját kultúrához való tartozást is jelentette. Minden csoportnak ugyanis a többiektől kisebb-nagyobb mértékben eltérő nyelve vagy nyelvjárása, szokásai, hiedelmei, stb., vagyis kultúrája volt. A saját

kultúrával való azonosulás nagyon fontos volt, hiszen törvények híján ez szabályozta a csoporttagok viselkedését és biztosította a csoport egységét. A csoport nyelvének vagy nyelvjárásának használata például pontosan elárulta, hogy ki tartozik a csoportba és ki nem, így könnyű volt felismerni a „megbízhatatlan” idegeneket (Bereczkei T. 2003).

Csoportjaink kultúrájával való azonosulás hajlama, vagyis pszichológiai programjai ma is megtalálhatók elménkben és kiolvashatók mindennapi viselkedésünkben is. Ezek a programok működnek a fogyasztói kultúrával való azonosulásakor. Hazánkban nem mindenki született ugyan a fogyasztói kultúrába, de mindenki ismerte és sokan vágytak is rá. Ez nem csoda, hiszen a fogyasztói kultúra szokásait és értékrendjét könnyű átvenni, mert nagymértékben kielégíti pszichológiai programjaink által meghatározott vágyainkat. Például a korábban említett, erőforrásokkal való bánásmódunkat vezérlő indítékainknak is teljesen megfelel, miszerint minél kisebb ráfordítás árán minél több erőforráshoz jussunk, és ezt saját belátásunk szerint használhassuk fel. Az azonosulást nagymértékben segíti a média, amely naponta többször is megerősíti a fogyasztói kultúra vélt nagyszerűségét. Mindennek következtében a fogyasztás, és annak minél nagyobb mértékű növelése szokássá, szükségletté, életcélá vált. A fogyasztói kultúrával való azonosulás miatt azonban a legtöbben nem veszik észre ennek az életmódnak a veszélyeit, vagyis azt az igazságot, hogy egy olyan zárt rendszerben, mint a Föld, nem sokáig lehetséges exponenciális növekedés.

Az öko logikus

„Nem megnyugtató a világ, amelyben élünk. Még egy olyan egyszerű csapdára sem sikerült megnyugtató megoldást találnunk, mint a Fogolydilemma.” Mérő L. (1996, 72. o.) majdnem húsz évvel ezelőtti sorai ma is aktuálisak. A hosszú ideje tartó tehetetlenség okai ebből a szempontból nézve is pszichológiai programjainkban gyökereznek. Ezek gyakran destruktív

versengésre serkentenek, pedig nagyon egyszerű viselkedéssel is el lehetne érni az optimális eredményt, ahogyan ezt egy kis hal esetében kísérletekkel is bizonyították: „A tüskés pikók nemcsak a Dollárárverésben, hanem a Fogolydilemmában is sokkal ésszerűbb viselkedésre voltak képesek, mint az emberek” (Mérő, 1996, 65-66., 69. old.). A mi programjaink azonban a maitól jelentősen eltérő környezetben alakultak ki, ahol nagy genetikai előnyt jelenthetett a versengés, amint erről az előzőekben is szó volt. Ismerjük meg programjainkat a játékelmélet segítségével is.

Mérő László néhány gondolata a játékelméletről, melyek összefüggésbe hozhatók a környezeti problémákkal

A környezeti válság kialakulásának és fennmaradásának oka a különböző élethelyzetekben alkalmazható racionális gondolkodás elméletével, a **játékelmélettel** is magyarázható. Logikája szerint a világ mai helyzete leírható a Fogolydilemma-helyzet egy speciális esetével, melynek neve Többszemélyes fogolydilemma, vagy más néven, **a közlegelő problémája**. A világunkra vonatkoztatható helyzet a következő: tíz gazda legelteti egy-egy tehenét a falu közös legelőjén, amely éppen ennyi tehenet képes ellátni. A tehenek jó húsban vannak, szépen tejelnek, aminek hatására a gazdák is gyarapodnak. Egyszer az egyik gazda elhatározza, hogy még egy tehenet kihajt a legelőre. Ekkor még alig érezhető valami változás. Ő így még jobban jár, de az egyes teheneknek egy árnyalattal kevesebb fű jut, így alig észrevehetően kevesebb tejet is adnak. Az összes tejmenyiség is egy hajszállal kevesebb lesz, mint amennyit a tíz tehén adott. Igen ám, de a többi farmer észreveszi ezt, és mivel ők is jobban akarnak járni, egymás után hajtják ki a második tehenüket is a rétre. Ahogy egyre többen teszik ezt, úgy egyre kevesebb tejet adnak az egyes tehenek, és az összes tejmenyiség is tovább csökken. Amikor a második és harmadik gazda is kihajt még egy tehenet, akkor még nem történik semmi baj. A tehenek ugyan szikárabbá

válnak, de azért egészségesek és elfogadhatóan tejelnek. Amikor már hatan teszik ezt, a tehenek láthatóan éheznek, és a két tehenet legeltetőik is rosszabbul járnak, mint eredetileg, de ha az egyiket visszavonnák, akkor még rosszabbul járnának. A többi gazda pedig, még mindig jobban járna, ha a második tehenét is kihajtaná. Ezt meg is teszik, és mire mind a tíz gazda két tehenet legeltet, a legelő tönkremegy, és az összes tehén éhen pusztul. Előtte azonban mindvégig az volt a helyzet, hogy aki két tehenet legeltet, az jobban jár.

Ezek a gazdák mindvégig saját közvetlen érdekeiknek megfelelően cselekedtek, mint általában az emberek. A közös legelő, és minden más erőforrás is csak akkor működik optimálisan, ha a felhasználók betartják a használatukra vonatkozó szabályokat. A szabályok megszegése a szabálysértőnek rövidtávon többletnyereséget hoz. Az egyes szabálysértők csak észrevehetetlenül kis mértékben csökkentik a többiek hasznát, ezért könnyen elnézik nekik a „kis” csalást. A sok „kis” csalás azonban összeadódva könnyen tönkretehet minden közös erőforrást, így a létünket biztosító közös környezetünket is. Hosszabb távon tehát mindenki érdeke, hogy ő maga és mások betartsák a szabályokat. A szabálysértések ugyanis nemcsak összeadódnak, hanem mintául is szolgálhatnak másoknak. Könnyen baleknak érezheti magát az, aki nem teszi.

A Fogolydilemmának két, egymással ellentétes jó megoldása van, ami ellentmond a logika törvényeinek. Az első megoldás szerint a többiek vagy kihajtják a második tehenüket is, vagy nem, ezt egyik gazda sem tudja előre. Ezért így gondolkodnak: ha igen, akkor érdemes kihajtani nekem is, mert ezen az egy tehenen már nem múlik semmi, és ha végül mind el is pusztul, addig is jobban keresek. Ha viszont nem hajtják ki, akkor nekem érdemes kihajtani, mert azzal a többinek alig ártok, én viszont sokkal többet keresek. Ha a gazdáknak csak egy része hajtja ki, akkor én azok között akarok lenni. A negatív hatások ugyanis mindenkire hatnak majd, de a pozitív hatásokat csak

azok fogják élvezni, akik két tehenet legeltetnek. Tehát mindenképpen kihajtom a második tehenet is.

A másik jó megoldás szerint a helyzet résztvevői így gondolkodnak: Minden élethelyzetnek a logika szerint csak egy jó megoldása van. Én logikusan gondolkodom és a többiek is, tehát ugyanarra az eredményre fogunk jutni. Ha én arra az eredményre jutok, hogy két tehenet hajtok ki, akkor nyilván a többiek is, és így az összes tehén elpusztul. A többiek is tudják ezt, és azt is, hogy egyformán fogunk dönteni. Tehát, az egyetlen logikus megoldás az, hogy egy tehenet fogok legeltetni. Ha ez az egyetlen logikus megoldás, akkor mások is erre a következtetésre fognak jutni. Tehát egy tehenet fogok kihajtani a legelőre.

A két eredmény szöges ellentétben áll egymással, pedig a logika szerint egy élethelyzetnek csak egy jó, vagyis optimális megoldása lehet. Mi nem stimmel itt? Egyetlen különbség van a két logikus gondolkodás között: a másodikban a dilemma résztvevői feltételezték, hogy mindenki teljesen racionálisan fog gondolkodni és dönteni. Ha ilyen lenne a világ, megszűnne a közlegető problémája dilemma lenni, és Fogolydilemma nem is létezne a valóságban.

Tapasztalataink szerint azonban világunk nem ilyen, az emberek nem tisztán racionálisak. A pszichológiai vizsgálatok is ezt támasztják alá. Nagyjából 50%-ban kooperálnak (egy tehenet hajtanak be), és ugyanilyen arányban versengenek (két tehenet hajtanak be) hasonló helyzetekben. Ez azonban nagyban függ a feltételektől, attól, hogy egy vagy többfordulós játékról van-e szó, a helyzet pontos körülményeitől és megfogalmazásától. Azonban a különböző feltételek megfelelő változtatásával csak kis mértékben lehet növelni a kooperáció arányát, az ritkán emelkedett 60% fölé. A többfordulós játékokban, amely a valós helyzethez még jobban hasonlít, a kooperáció aránya nőtt, megközelítette a 60%-ot, de a versengésre versengéssel való válasz miatt időnként bent ragadtak a versengésben.

Az emberekre tehát ilyen helyzetekben a kooperáció és a versengés egyaránt jellemző, pedig a kooperáció képes biztosítani az egyetlen jó, vagyis optimális megoldást. A kooperáció valószínűségét nagyon fontos lenne növelni. Tudnunk kellene ehhez, hogy milyen tényezők segítik elő a versengést, és milyenek az együttműködést. Mérő szerint a témakörben született hatalmas mennyiségű publikációk gyakran eltérő eredményeket közöltek, mégis kirajzolódik belőlük néhány általánosítható tanulság.

A versengés választásának gyakoriságában egyformán szerepet játszik a kísértés, a **mohóság** és a társ árulásától való félelem, a **bizalmatlanság**. A kooperáció esélyét a **kommunikációs lehetőségek** egyértelműen növelték, de csak körülbelül 10%-kal. A **sokmenetes fogolydilemma** játékban, ahol a jövőre is kellett gondolni, jelentősen többször fordult elő a kooperáció, de szinte sohasem haladta meg a 60%-ot. A kooperáció érdekében, a kísérleti feltételek változtatásai közül leghatékonyabbnak a **helyzet megfogalmazása** bizonyult. Ha ebből világosan látszik, hogy mindkét fél csakis akkor nyerhet sokat, ha a másik együttműködik, akkor sokkal inkább választja az ember a kooperálást.

Néhány személyiségvonás is fontos szerepet játszik az együttműködés kialakításában. A többmenetes fogolydilemma számítógépes programokkal végzett vizsgálatai során Robert Axelrod azt találta, hogy öt személyiségvonás segíti elő a kooperációt, illetve a helyzet optimális megoldását. Ezek közül – nem túl meglepő módon – kettő döntő fontosságú: a **barátságosság**, vagyis sohasem kezdeményez versengést és a **megbocsátás**, vagyis a partner ballépését követően hajlandó visszatérni az együttműködéshez, tehát nem haragtartó. Kevésbé fontos, de a sikert segítő tulajdonság még a **provokálhatóság**, vagyis a versengés viszonzása. Ezt követte a fontossági rangsorban a **reakcióképesség**, vagyis a másik fél stratégiájának kiismerése, figyelembe vétele. Végül az ötödik tulajdonság lett a **kiismerhetőség**, vagyis egyszerűség.

Axelrod számítógépes programokkal végzett vizsgálatainak célja annak megállapítása volt, hogy kialakulhat-e egy tisztán önző és számító környezetben stabil kooperáció. A válasz egyértelműen igen, feltéve, ha a résztvevők az előző öt személyiségvonással rendelkeznek. Ez nem csak emberek, hanem állatok és számítógépes programok esetében is igaz. Az ember esetén csak részben dominálnak ezek a személyiségvonások. Ezt a fent ismertetett pszichológiai vizsgálatok is alátámasztják, melyek szerint az emberek körülbelül 50%-ban kooperálnak egymással.

Tehát a kooperációban még óriási kihasználatlan lehetőségek rejlenek. Ha ezek gyakoriságát sikerülne növelni, akkor hamar érzékelhető többségbe kerülne a versengéssel szemben. Ahogy arányuk növekedne, úgy csökkenne a társak versengésétől való félelem, ami a versengés választásának egyik oka. Az együttműködő többség képes lenne egyre nagyobb nyomást gyakorolni a csökkenő számú versengő kisebbségre. Axelrod modellkísérletei szerint egy tisztán önző környezetben is kialakulhat stabil kooperáció. Fontos lenne azonban, hogy a résztvevők felismerjék saját önző érdekeiket (vagy nagyon jól legyen megfogalmazva számukra a helyzet), és ennek megfelelő jó stratégiát válasszanak (a legjobb, meglepő módon a legegyszerűbb stratégia: 1. először mindig kooperál, 2. minden versenyre versennyel válaszol, 3. néha soron kívül megbocsát, vagyis visszatér a kooperációhoz, hogy ne ragadjanak bele a versengésbe).

Hogyan lehet a kooperációt, vagyis az optimális döntéseket elősegíteni a fogolydilemma helyzetben, amely társadalmi csapdaként világunkat veszélyezteteti? Három dolog meglete vezet a dilemmahelyzet kialakulásához, amely környezeti problémáinkat okozza: a **racionális gondolkodás hiányosságai**, a **kísértés** és az **értékrend speciális elrendeződése** (saját, rövid távú, anyagi érdekek fontossága). Ha ezek bármelyikét számúznánk a világból, akkor a fogolydilemma helyzet is megszűnne. Erre jelenleg nincs semmi esély. A három tényező negatív hatását azonban lehet csökkenteni.

A **racionális gondolkodás hiányosságait** részben lehet csak korrigálni a helyzet megfelelő megfogalmazásával és az egyéb feltételek célszerű alakításával. A **kísértés** mértékét úgy lehet csökkenteni, hogy a kooperálóknak a versengőkhöz képest elszenvedett esetleges veszteségeit mérsékeljük. Az **értékrend speciális elrendeződését** a paradigmaváltás képes megváltoztatni. Nézzük meg az utóbbi kettőt részletesebben!

A fenntarthatóság felé vezető út

A kék gazdaság

A kísértés csökkentésének lehetőségét rejti magában Günter Pauli (2010) gazdasági modellje, melyet a szerző *kék gazdaságnak* nevezett el. A koncepció lényege a természet körfolyamataihoz hasonló anyagáramlások létrehozása a gazdaságban és társadalomban, ezáltal a fenntartható és versenyképes működés biztosítása. Az ilyen gazdaság vagy vállalkozás kialakításához sok sikeres innováció szükséges. Ezek nagy tömegben valószínűleg nem jöhetnek létre olyan rövid idő alatt, amennyi nekünk rendelkezésünkre áll a fenntarthatóság megvalósításához. A szükséges ötleteket, ismereteket, szemléletmódot azonban el lehet lesni az ökoszisztémáktól, vagyis az életközösségektől, melyek több milliárd éve működnek fenntartható módon, rendkívül hatékonyan, hulladékmentesen. Ezek mintául szolgálhatnak a vállalkozások és a gazdaságok irányítóinak a természeti környezetre is kiterjedő olyan rendszerszemléletű gondolkodásra, amely a természeteshez hasonló körfolyamatok megtervezését eredményezheti. A megvalósításhoz még így is jelentős kreativitás, sok sikeres innováció szükséges. Ezen a téren azonban az ember különlegesen sikeresnek bizonyult. A kreativitás, az innovatív gondolkodásmód ráadásul jól fejleszthető képesség, és környezet is fontos tényező ennek megvalósulásában.

A kék gazdasági modell bevezetése hatással lesz az élet egyéb területeire is. Például nemcsak az energiával és a nyersanyagokkal bánunk rendkívül pazarlóan, hanem az emberi erőforrásokkal is. A munkanélküli fiatalok aránya 25% körül van az ipari országokban és 50% körül a fejlődő országokban. Ez azt is jelenti, hogy a fiatalok egyharmadának képességeit, az ilyen korban tetőző fogékonyságukat, rugalmasságukat, kreativitásukat, lendületüket egyszerűen eltékozoljuk, aminek hatására veszélybe kerül társadalmi integrációjuk is. A kék gazdasági modell bevezetése növekedés nélkül is a jelenleginél sokkal több embernek biztosítana munkát, mert sok mindent kézzel is el lehetne végezni, amire mostanában energiafálgó gépeket és egészségtelen vegyi anyagokat használnak. Gondoljunk például a mezőgazdaságban az ökológiailag fenntartható biogazdálkodásra vagy az elterjedőben lévő permakultúrás kertészkedésre.

A kék gazdaság elterjesztését elősegíthetik olyan szabályozók, melyek egyforma mértékben figyelembe veszik a fenntarthatóság és versenyképesség szempontjait. Például az externáliákat, vagyis a közösségnek hátrányt okozó környezethasználatot azzal fizettetnék meg, aki okozta ezeket. Így kialakulna a gazdasági tevékenység társadalmilag optimális módja és szintje. A kék gazdaság megteremtéséhez szükséges elköteleződést és anyagi erőforrások előteremtését segítheti az energiatakarékos életmód kialakítása.

Az energiahatékonyság nem elég

Sokan azt gondolták, hogy a technológiák fejlődése majd megoldja a hamarosan szűkössé váló energiaforrások kérdését. A technológiák tényleg gyorsan fejlődtek, de a fogyasztói kultúra keretei között eredményei nem javítják a helyzetet. Fennáll a veszély, hogy a megtakarításokat a már sokat kutatott *viSzapattanási hatás* eredményeként, a fogyasztói szemlélet logikájának megfelelően esetleg további energiaszolgáltatások igénybe

vételére használják fel a fogyasztók (Greening, L. A. et al. 2000; European Commission DG ENV 2011).

Végül is ez nem meglepő, hiszen a hatékonyság már 250 éve, az első gőzgép elkészítése óta folyamatosan növekszik, a fogyasztás trendjének szintén folyamatos növekedése mellett. A fogyasztásnövekedés időnkénti megtorpanását az energiaárak növekedése, és/vagy a világgazdasági válságok okozták. A trendben a hatékonyság további javítása sem fog hozni önmagában változást, hiszen például a világ szegényebbik 80%-ának tehetősebbjei már nagyon várják, hogy néhány kisebb fogyasztású, olcsóbban üzemeltethető eszközt ők is használhassanak. Hasonló célokból várja a legtöbb ember az olcsóbb és kisebb fogyasztású eszközöket – mondjuk egy kis helikoptert. Így csak hiú ábránd marad, hogy a globális fogyasztás csupán a hatékonyság javulásától csökkenni fog.

A fogyasztás csökkentését leginkább a következő módszerek együttes alkalmazásával lehet elérni:

- a hatékonyság növelése;
- az energiaárak növelése és a termelés - fogyasztás függvényében történő változtatása;
- a takarékoság fontosságának, módszereinek megismertetése, és a viselkedésváltozás előmozdítása különböző pszichológiai módszerekkel.

Az energiaárak egyszerű emelése mellett lehetőség van az árak általi finom fogyasztásszabályozásra is. Például a szél- és a napenergiával termelt áram mennyisége nagyon változik, tárolása viszont sokba kerül. Ezek miatt szükséges volna az árat a pillanatnyi termelés és fogyasztás függvényében megállapítani és akár óránként változtatni. Ezt egy intelligens fogyasztásmérővel (smart meter) összekötve egy képernyőn figyelhetné

minden fogyasztó – vagy még inkább egy szoftver –, így aki spórolni akar, az akkor fog mosni, mosogatni, fűteni, meleg vizet készíteni, amikor van olcsó áram, vagyis fúj a szél vagy süt a nap. A fenntarthatóság melletti elköteleződés nyilván segíti az alkalmazkodást, együttműködést.

A bochumi Ruhr Egyetemen a 2006-2007-es tanévben 5 638 alkalmazott részvételével energiatakarékosági programot hajtottak végre egy pszichológus csoport vezetésével. A dolgozókat felvilágosították az energiatakarékoság fontosságáról, módszereiről és kis jutalmat is kaptak a program iránt elköteleződők. A takarékoság szabályainak betartására különböző módszerekkel emlékeztették a dolgozókat, pl. ablakokra ragasztott kis matricák figyelmeztettek a hatékony és gazdaságos szellőztetésre. A beavatkozás eredményeként a viselkedés megváltoztatásával 3-9%-os energiafelhasználás csökkenést értek el, ami a lehetséges megtakarításnak körülbelül a fele volt (Hellbrück, J. – Fischer M. 1999).

A takarékoság fontosságának megismerése önmagában nem hoz fogyasztáscsökkenést a Pallak – Cook, D. A. – Sullivan J. J. (1980) által közreadott kísérleti eredmények szerint. Amikor azonban a résztvevőknek megígérték, hogy ha csökkentik gázfogyasztásukat, akkor a helyi újságban fog szerepelni a nevük, mint környezettudatos polgár, akkor már számottevő összeget spóroltak meg. Ezt követően arról tájékoztatták őket, hogy bizonyos okok miatt mégsem fog a nevük az újságban megjelenni. A kísérlet érdekessége, hogy a következő hónapban még több gázt spóroltak meg. A vizsgálat általánosítható tanulsága szerint az újságban történő nyilvános dicséret ígérete, **a jutalom kilátásba helyezése** hatására az emberek eldöntötték, hogy energiát fognak spórolni. Ez a döntés aztán meghatározta későbbi viselkedésüket az energiatakarékoság terén. **Elköteleződtek a viselkedésváltozás mellett**, ami megadta az alapot új energiafogyasztási szokások kialakításához. A viselkedésváltozás jó érzéseket, büszkeséget

okozott nekik, miközben egyre inkább meg voltak győződve szükségességéről. Mindez előmozdította az energiatakarékosság közösségi céljaival való azonosulást. Miután kiderült, hogy nevük mégsem szerepelhet az újságban, meggyőződésüknek erősödnie kellett, hogy meg tudják magyarázni maguknak (és másoknak) viselkedésüket és elköteleződésüket. Ez eredményezhette a fokozódó takarékoskosságot.

További vizsgálatok azt is kimutatták, hogy a felvilágosítás mellett beigért egyéb jutalmaknak is hasonló hatása van a fogyasztásra. Egyik kísérlet szerint a sikeres takarékoskossághoz kötött árendedmény hatására 16%-os megtakarítást értek el a háztartások. [Winnett et al. (1978) idézi: Hellbrück, J. – Fischer M. (1999)]. A sikeres viselkedésváltoztatásban tehát kulcsszerepe van a felvilágosításnak, a módszerek megismertetésének és a jutalomnak, ami előmozdítja a változtatás melletti döntést. Ez a szabadon meghozott döntés később már nehezen változik meg és gyakran további azonos irányú döntéseket, mélyülő elköteleződést eredményez.

A viselkedésváltoztatás nagy előnye az energiaárak egyszerű emelésével szemben, hogy nem elsősorban az átlagos vagy szegényebb rétegeket sarkallja további takarékoskosságra, akik ezt eddig is megtették, hanem a náluk tehetősebbeket is, akiknek van miből visszafogni fogyasztásukat. A túlfogyasztás nagy részét ugyanis ők, pontosabban mi okozzuk, hiszen olyan világban élünk, ahol az emberiség leggazdagabb 20%-a, tehát mi használjuk a természeti erőforrások több mint 80%-át (Takáts A. 2010).

Viselkedésváltoztatás útján 10-20%-kal lehet csökkenteni a fogyasztást. Ez nem tűnik túl jelentősnek, de ha a takarékos viselkedés állandóvá, szokássá válik és áterjed az élet más területeire is, miközben a megtakarításokat folyamatosan a hatékonyság növelésére, a megújuló energiaforrások fejlesztésére, a fenntartható családi és szervezeti működés vagy vállalkozás megvalósítására, a kék gazdaság megteremtésére fordítják, akkor már jelentőssé válik. Ha az ilyen típusú beavatkozások elterjednek, akkor az egész

energiarendszer átalakításában is fontos szerepük lehet. Nemcsak erőforrásokat biztosíthatnak az átmenethez, hanem a fenntarthatóság melletti tömeges elköteleződést is, ami elősegíti a társadalmi szemlélet, vagy más néven paradigmaváltást. Ez fordítva is igaz, hiszen a paradigmaváltás is elősegíti az energiafogyasztással, és általában a fenntarthatósággal kapcsolatos viselkedésváltozást, tehát a két változás pozitív visszacsatolással kölcsönösen erősíti egymást.

Társadalmi paradigmaváltás

A nagy társadalmi változások azonban, a társadalomtudományok képviselőinek jelentős része szerint, a kihívások hatására szoktak megtörténni. Ennek a nézetnek legjelentősebb képviselője Toynbee (1971), aki kidolgozta a civilizációk fejlődésének és változásainak elméletét, a **kihívás-válasz teóriát**. A történelmi ismereteken alapuló elmélet lényege, hogy a civilizációknak folyamatosan újabb és újabb kihívásokkal kell szembenéznük. Ha megoldottak egy problémát, az általában előbb-utóbb előidéz egy másikat, és így tovább. A társadalmak addig fejlődnek, ameddig képesek válaszolni az újabb és újabb kihívásokra. Ha viszont ez nem sikerül, akkor a civilizáció megreked a fejlődésben, megroppan, majd összeomlik. Diamond, J. (2009) részletesen kifejti, hogy a történelem tanúsága szerint az ökológiai kihívásokra nagyon különböző válaszokat adtak a társadalmak. A hirtelen jelentkező, nagy kihívás általában összeomlást okozott, míg a fokozatosan kibontakozó, nem túl nagy problémára gyakran megtalálták a helyes választ.

A kultúra, és azon belül az energiaellátás fenntarthatóvá alakításához sok idő és energia szükséges. Le kell gyártani és működésbe kell állítani ugyanis azokat a berendezéseket, amelyek fenntartható módon elégítik majd ki a szükségleteket. Ha tehát megvárjuk a válaszra serkentő társadalmi kihívást,

akkor már késő lesz az adekvát válaszok magvalósításához. Hogyan lehetne korábban válaszra készíteni a társadalmat, amikor még képes azokat megadni? Nem csak a valóság megváltozása készítheti cselekvésre az embert, a társadalmat, hanem a valóság megváltozott értelmezése is. Ha ugyanazt nézzük, de teljesen mást látunk, akkor biztosan az elmében történt változás. Az ilyen típusú, alapvető változásokat nevezhetjük, és nevezik is sokan Kuhn (2002) nyomán paradigmaváltásnak. A most aktuális társadalmi szemléletváltás nemcsak világgépünket, hanem énképünket is meg fogja változtatni mai helyzetünknek és ismereteinknek megfelelően.

Világgépünk változásának lényege, hogy a Föld egyetlen otthonunk és menedékünk, ide vagyunk „bezárva” mindnyájan, hiszen máshol nem lennénk képesek életben maradni. Ennek véges erőforrásain kell osztozunk mindnyájunknak, utódainkat is beleértve. Ezt már az 1992-es riói Környezet és Fejlődés Konferencia is megállapította és kinyilatkoztatta. Mégis inkább úgy viselkedünk, mintha még mindig Ciolkovszkij, a Szovjet űrhajózás atyjának fél évszázaddal ezelőtti gondolatai irányítanák cselekedeteinket. *„A Föld az emberiség bölcsője, de nem maradhatunk örökké bölcsőben. Az emberiség nem is marad örökké a Földön, hanem fényre és térségre vágyva előbb félszegen behatol a légkörön túli térségbe, aztán pedig meghódítja a csillagok világát.”* Az űrkorszak hajnalán ezekkel és hasonló gondolatokkal a legtöbben egyetértettek. Ma már mást gondolunk a csillagok világáról, de ez mindennapi életünkben, viselkedésünkben nem tükröződik. Például gazdasági növekedésre vágyunk, pedig az ilyenfajta exponenciális növekedés néhány évtized alatt tönkretenné bolygónkat. Ez csakis a Ciolkovszkij által leírt helyzetben lenne elfogadható. Ebből is látszik, hogy világgépünket elavult hiedelmek uralják, melyeken érdemes és lehetséges is változtatni.

Énképünknek, vagyis önmagunkról alkotott képünknek is a valósághoz kell igazodnia. Ennek arra az igazságra kell alapozódnia, hogy nem a természet felett állunk, nem is mellette, hanem csupán annak egy része vagyunk. Igaz,

hogy különleges része, de attól még vonatkoznak ránk törvényei, és éppen olyan sérülékenyek vagyunk, mint a többi faj. Mi is teljes mértékben ki vagyunk szolgáltatva a földi rendszernek, ezen belül a bioszférának is, mely létünket biztosítja. Azt is tudnunk kell, fejlett kultúránkat kizárólag elődeinknek köszönhetjük, és utódainknak kell továbbadnunk. Tehát a múlt nélkül nem léteznénk, a jövő nélkül pedig nem lenne értelme létünknek. Időben és térben is részei vagyunk nálunk sokkal nagyobb rendszereknek, tehát hozzájuk kell alkalmazkodnunk, velük kell harmóniában élnünk. Ehhez azonban nem csak ezeket a rendszereket kell megismernünk, hanem magunkat is.

Énképünket legtöbbször egyediségünk, és saját kisebb-nagyobb csoportjainkhoz való tartozás túlhangsúlyozása uralja, valamint a másokkal és más csoportokkal való rivalizálás, szembenállás. Egyedül, vagy csupán saját csoportjainkkal azonban nem valósítható meg a fenntarthatóság. Ahogy korábban láttuk, kooperálnunk kell másokkal, más csoportokkal is. Ennek egyediségünk nemigen lehet akadálya, hiszen emberi fajunk a Wells, S. (2003) által vezetett kutatások szerint genetikailag rendkívül homogén, nagyon hasonlítunk egymásra. Egy kisebb területen élő csimpánz populációban nagyobb a genetikai változatosság, mint az egész emberiségben. Ráadásul a populációgenetika szerint minden egyes ma élő ember családfáját vissza lehet vezetni egyetlen emberre, aki úgy 60 ezer évvel ezelőtt élt Kelet-Közép Afrikában. Ő mindnyájunk közös ősapja, akit „genetikai Ádámnak” is szoktak nevezni. Abban az időben néhány ezer főre csökkent az emberiség létszáma, így génjei hamar elterjedtek az egész populációban. Ennek máig terjedő egyik következménye a jelentős genetikai azonosság. Ezen kívül bolygónkon a kulturális és nyelvi változatosságok is gyorsan csökkennek, az emberiség egyre egységesebbé válik. Hasonlóságunkon kívül nagyon egymásra is vagyunk utalva, nem csak gazdaságilag, hanem a tudomány, technika, környezet, erőforrások,

biztonság területein is. Tehát az emberiség részei is vagyunk, tekinthetjük az emberiséget is saját csoportunknak, hiszen ez a valóság.

A kultúránkban szokásos világkép és énkép alapjainak megváltozása, vagyis a paradigmaváltás szellemi áramlatokkal terjedhet el és válhat általánossá. Ezeket a szellemi áramlatokat, új irányzatokat Toynbee (1971) és követői szerint először mindig egy „teremtő kisebbség” képviseli, amely az új társadalmi kihívásra megtalálja a megfelelő választ. Ha ez a kisebbség képes magával ragadni a többséget, akkor megvalósul a válasz, a civilizáció életben marad és továbbfejlődik.

Összegzés

A tanulmányból látható, hogy ha önmagunkat, és általában az embereket a fenntarthatóság szemüvegén keresztül nézzük, akkor az eddigiektől jelentősen eltérő kép tárul elénk. Kőkori agyunk például képtelen egy olyan egyszerű helyzetet jól megoldani, mint a fogolydilemma. Még egy kis haltól is kikapnánk ebben a játékban, mert nemigen vagyunk képesek következetesen törekedni a kooperációra. Nagyszerű képességeink ellenére tehát vannak bőven hiányosságaink, semmiképpen sem bízhatjuk el magunkat. Ám hatalmas lehetőségként is felfoghatjuk ezeket, melyeket akkor tudunk kihasználni, ha megismerve őket, felül tudunk emelkedni rajtuk, felismerve a fontosabb szempontokat. Ez azért lenne nagyon fontos, hogy képesek legyünk teljesíteni küldetésünket, mely minden élőlény esetében a jelen kor kihívásainak megválaszolása. A tanulmány szerint, a ma élő ember számára jutó küldetés: ősi programjaink ellenére is meg kell valósítanunk azok eredeti „célját”, vagyis genetikai rátermettségünk megtartását utódaink életfeltételeinek biztosításával.

Felhasznált irodalom

Bereczkei T. (2003): *Evolúciós pszichológia*. – Osiris, Budapest. 541 p.

Cosmides, L.M. – Tooby, J. (1997): *Evolutionary psychology: A Primer*. [online] University of California: Center for Evolutionary Psychology Online jegyzettára (1997. január 13.) [2013-01-20]

Csányi V. (1999): *Az emberi természet. Humánológia*. – Vince Kiadó, Budapest. 308 p.

Csányi V. (2011): *Társadalom és ember*. Gondolat, Budapest 75 p.

Diamond, J. (2009): *Összeomlás*. – Typotex, Budapest. 559 p.

European Commission DG ENV 2011: *Addressing the rebound effect, Final Report* [online]

Greening, L. A. – Greene, D. L. – Difiglio, C. (2000): *Energy efficiency and consumption - the rebound effect - a survey* [online] In: Energy Policy 28, [2013.03.03.]

Hellbrück, J. – Fischer, M. (1999): *Umweltpsychologie. Ein Lehrbuch*. Hogrefe, Göttingen. 655 p.

Kuhn T. S. (2002): *A tudományos forradalmak szerkezete*. – Osiris Kiadó, Budapest. 262 p.

Lakatos L. – Janka Z. (2008): *Az emberi agy és intelligencia evolúciója*. [online] In: Ideggyógyászati szemle, 61 (7-8) pp. 220-229. [2013-03-13]

Mackay, D. J. C. (2011): *Fenntartható energia mellébeszélés nélkül*. Vertis, Budapest. 410 p.

Matthies, E. – Hansmeier, N. (2010): *Optimierung des Energienutzungsverhaltens in Organisationen – Das Beispiel der Ruhr-Universität Bochum*. In: Umweltpsychologie 14. Jg., Heft 2 (27), pp. 76-97.

Meadows, D. H. – Meadows, D.L. – Randers, J. – Behrens, W. W. (1972): Limits to growth. 227 p.

Meadows, D. H. – Meadows, D.L. – Randers, J. (2005): *A növekedés határai*. Harminc év múltán. – Kossuth Kiadó, Budapest. 318 p.

Mérő L. (1996): *Mindenki másképp egyforma. A játékelmélet és a racionalitás pszichológiája*. Tericum Kiadó, Budapest. 357 p.

Nemzeti Fenntartható Fejlődési Tanács (2010): *Jövőkereső. A Nemzeti Fenntartható Fejlődési Tanács jelentése a magyar társadalomnak*. k. n. 136 p.

Kalo J. – Kígyós É. – Popper P. (2006): *Önként vállalt vakság – Menekülés a hétköznapokba*. – Sziget Könyvkiadó, Budapest. 182 p.

Rose, A. (2010): *Az idő észlelésének elmélyülése*. In: A világ helyzete. A kultúra átalakítása. Fogyasztástól a fenntarthatóságig. Föld Napja Alapítvány, Budapest, pp. 58-59.

Szépölggyi J.(2010): *A fenntartható fejlődés – ipari ökológia – kémia*. [online] In: Magyar Tudomány [2013-03-13]

Takáts A. (2010): *Hulladékgazdálkodás és környéke*. – Műszaki Kiadó, Budapest. 281 p.

Toynbee, A.J. (1971): *Válogatott tanulmányok*. – Gondolat, Budapest. 419 p.

Varga A. (2006): *Pszichológia a fenntarthatóságért*. In: Magyar Pszichológiai Szemle 61. évfolyam 1. szám, pp. 187-206.

Wells, S. (2003): *Az ember útja. Egy genetikai Odüsszeia*. Akkord Kiadó, Budapest. 222 p.

8.2 A megújuló energia térnyeréséhez szükséges ösztönzési, szabályozási háttér

dr. Fodor Bea

„A megújuló energiaforrás a jelenleg elérhető energiák egyetlen típusa, amely megfelel a fenntartható fejlődés egyre sürgetőbb igényének”(Dinica, V. 2006).

Mindezek felismerése és támogatása érdekében az Európai Unió a megújuló energia egyre magasabb részarányát várja el tagországoktól. A 2009/28. közösségi irányelv szerint 2020-ra a zöld energiának a végső energiafelhasználás 20%-át kell kitennie. A 2010-es érték 10,3% volt, így a részesedés megduplázása a cél 10 év alatt, azaz jelentős beruházásokat kell végrehajtani a szektorban. Ennek eléréséhez a tagállamoknak olyan, a megújulóenergia-termelést ösztönző rendszereket kell alkalmazniuk, amelyek vonzó környezetet teremtenek a beruházások számára.

A megújuló energiatermelés előnyei, a környezeti externáliák figyelembe vétele

A szakirodalom szinte egyöntetűen határozza meg azt a Lipp, J. (2007) által is kiemelt három célt, amelyek indokolja a megújuló energiahasználat növelését:

- **az importált energiától való függőség csökkentése** (ellátásbiztonság növelése);
- **az energiaszektor káros környezeti hatásainak mérséklése;**
- **az új ipari fejlődés ösztönzése** (Lipp, J. 2007, p.5481).³

³ Ez utóbbi célt a szerző kettébontja: innováció ösztönzés-versenyképesség növelés; valamint helyi és regionális lehetőségek kihasználása.

A megújuló energiaforrások kiaknázásával ezen a három területen jelentős javulást lehet elérni, sajnos azonban a gyakorlatban, a jelenlegi piaci környezetben az előnyök még nem érvényesülnek. Egyelőre nem jelentenek a zöld energia számára addicionális bevételt, illetve nem drágítják meg az környezeti szempontból előnytelenebb hagyományos (fosszilis és nukleáris) energiatermelési módokat. Ha például a megújuló energiák támogatást, magasabb értékesítési árat szerezhetnének a fenti három célhoz való hozzájárulásukért; vagy ezzel ellentétesen a fosszilis energiatermelést sújtának adóval/büntetéssel a fenti három szempont szerinti káros hatásaiért, akkor máris a megújuló energiák számára előnyösebb feltételeket lehetne teremteni. Ameddig azonban ez nem valósul meg, addig a zöld energiák ezen előnyös tulajdonságai az árakba nem épülnek be, azaz külső/externális hatások maradnak.

Externális hatásról beszélünk akkor, ha egy pénzügyileg önálló egység befolyásolja egy másik önálló egység helyzetét anélkül, hogy a piacon kapcsolatba kerülnének egymással (Kerekes S. -Szlávik J. 1996). A gazdaságon kívül rekedt hatások gyakori példája a környezetszennyezés (Kerekes S. 2007), amikor is a szennyező az általa okozott környezetszennyezés által károsan hat mások jólétére. Pigou 1920-ban tette közzé az externáliák internalizálására vonatkozó elméletét, amellyel megteremtette a környezetszennyezés szükséges megadóztatásának alapirodalmát. Ehhez 1960-ban Coase hozzátette az externáliák társadalmilag optimális szintjéről szóló saját tételét.⁴ Ezen elméletek csak ideális körülmények között (tökéletes informáltság, versenyző piac) működnek, de logikájuk, megközelítésük segítségével a környezetszennyezések gazdaságtana,

⁴ *Ha a tulajdonjogok tisztázottak, akkor a piacon alku útján magától kialakul az externáliáknak társadalmilag optimális szintje, és nincs szükség állami beavatkozásra. Coase tétele a gyakorlatban a környezetszennyezéssel érintettek széles köre, az alku létrehozásának tetemes költségei; a szabad verseny és a tökéletes informáltság sérülése miatt nem működik, de elméleti alapnak kiváló.*

kezelésüknek, szabályozásuknak szüksége egyre inkább beépült a közgazdasági tudatba. Az 1960-70-es évektől megjelentek az első szabályozó eszközök (a környezetszennyezési adók, kvóták, határértékek).

Napjainkban elsősorban már nem a lokális, a fenti elméletek segítségével kordában tartható externáliák, hanem a globális környezeti externáliák állnak a környezetvédelmi figyelem középpontjában; ezen belül is leginkább a globális éghajlatváltozás és az ezzel szembeni küzdelem. Több, a témával foglalkozó szakirodalom is leszűkíti a zöld energiák környezetvédelmi szerepét, és kizárólag a klímavédelemre koncentrálva, annak egyik fontos eszközeként definiálja a megújuló energiaforrások hasznosítását (Fouquet, D. – Johansson, T. 2008).

Az energiatermelés tekintetében is az egyes technológiák CO₂-kibocsátása vagy a kibocsátott CO₂-szintben elért csökkenés mértékét hasonlítják össze, melyben a megújuló alapú technológiák számottevően alacsonyabb értékeket mutatnak, mint fosszilis társaik. Ez a megállapítás összecseng Menanteau-Finon-Lamy azon gondolatával, mely szerint a megújuló energia használatának állami támogatása teoretikus megközelítésben felfogható a fosszilis energiahordozók felhasználásával járó negatív környezeti externáliák korrekciójaként (Menanteau, D. et al. 2003).

Egyre több számítást publikáltak az energiatermelés externáliái témakörében, melyek közül kiemelkedik a téma úttörőjének számító, az EU Bizottsága által összefogott ExternE nevű projekt. Az aktuális hazai viszonyokat illetően a Power Consult kutatócsoportja vállalkozott arra, hogy a megújuló erőforrásokra is kiterjedően számszerűsíti a villamosenergia-termelés egyes módjainak externális költségeit. Az elemzés a teljes életciklus alatt keletkező károsanyag-kibocsátásokat határozta meg (szilárd részecskék, kén-dioxid, nitrogén-dioxid, üvegházhatású gázok) és ezek alapján kalkulálta az externális költségeket (Power Consult 2010).

A 6. táblázat eredményeiből jól látható, hogy mind az egységnyi termelésre vetített externális költségek, mind pedig az egységnyi termelés okozta CO₂-kibocsátás tekintetében „zöldebbek” a megújuló energiaforrások a fosszilizseknél. A megújuló energiaforrások közül a vízerőművek és a szélenergiák jellemezhetők a legalacsonyabb értékekkel, a biomassza-hasznosítás és a napelemek főként az üvegházhatású gázok területén járnak nagyobb kibocsátással.

6. táblázat: A különböző típusú energiahordozók externális költségei.

(Power Consult 2010 alapján szerkesztette Fodor B.)

	víz	szél	biomassza	fotovoltaikus	szén	földgáz	nukleáris
teljes technológiai láncra vetített externális költség (cEUR/kWh)	0,2-0,45	0,1-0,3	0,1-1	0,1-0,6	1,5-4,5	0,4-2,5	0,007-1
CO ₂ kibocsátás (g/kWh)	10-20	10-40	550-1100	50-200	660-1200	370-580	5-15

Az externális költségek terén jelentős különbség van a hagyományos technológiák rovására. Ezeknek a költségeknek döntő része a környezeti terheléssel, így például a CO₂-kibocsátással hozható összefüggésbe. Ezen a téren minden kétséget kizáróan a fosszilis energiaforrások alkalmazásai jelentik a leginkább aggasztó megoldásokat, de a nukleáris energia életciklusának karbonkibocsátása is meglepően nagy és – főként a bányászat folyamatosan növekvő energiafelhasználása okán – egyre jelentékenyebb tényező. Sovacool, B. (2008) 103 különböző életciklus-elemzést összegző tanulmánya szerint az atomenergetika teljes életciklusra számított kibocsátása átlagosan 66,1 gCO₂e/kWh volt az ezredforduló környékén, ami szélturbinához hasonlítva nagyságrendileg hatszorosa, a fotovillamos rendszerekhez képest kétszeres mennyiség. Nyilvánvalóan egy-egy konkrét erőmű esetében ezek az értékek ettől eltér(het)nek az adott erőmű életciklusának egyedi specialitásai (felhasznált tüzelőanyag kitermelése, működési technológia, szállítási távolságok, felhasznált alapanyagok minősége, kihasználtság/hatásfok) függvényében.

Az elmúlt években a környezetvédelmi gondolkodás leginkább a fenntarthatóságra fókuszál. A súlyos környezetszennyezések felszámolása, kezelése, technológiai megoldásai után az érdeklődés a társadalom-gazdaság-környezet igényeinek és követelményeinek összehangolására helyeződött át. Amennyiben a környezetvédelmi célt a **fenntartható fejlődés** elveinek követésével azonosítjuk – amelynek alapjait az 1987-es Közös Jövők című Brundtland-jelentés fektette le –, akkor is könnyen belátható, hogy a megújuló energiák szolgálják legjobban a kitűzött célt.

A fenntartható fejlődés három követelménye (Kerekes S. 2007) közül kettő érinti a megújuló energia használatot. Az egyik a kimerülő erőforrások ésszerű felhasználásáról szól, amelyet részben a megújulókkal való helyettesítésük, részben pedig a technológiai haladás segíthet. A másik követelmény szerint a megújuló energiaforrásokat csak maximum a

természetes vagy irányított regenerálódó képességük mértékéig lehet kihasználni.⁵ Az első követelmény nem igényel különösebb magyarázatot, hiszen a kimerülő fosszilis források rendelkezésre álló mennyisége véges, ezért gondoskodni kell a kiváltásukról, illetve a minél hatékonyabb/takarékosabb felhasználásukról.

A második követelmény azonban már elgondolkodtató, hiszen azt várhatnánk, hogy minél több megújulót használunk, annál nagyobb mértékben lesz fenntartható az energiatermelésünk. De Kerekes S. (2007) arra is felhívja a figyelmet, hogy a megújuló erőforrások az időben nem korlátlan mennyiségben állnak rendelkezésre, hanem van regenerálódási idejük, amit kiaknázásukkor figyelembe kell venni. Ez például a biomassza alapú villamosenergia-termelés esetében jól érzékelhető, mert ezek alapanyagai bár megújulóak, folyamatosan újratermelődnék, de ehhez időre van szükség.

Amennyiben a fenntarthatóságot kiterjesztve, azt a gazdasági, társadalmi, környezeti szempontok közötti egyensúly megteremtésére való törekvésként értelmezzük, akkor már szinte az ideális ösztönző rendszerrel szembeni elvárásokig is eljuthatunk. Így abban az esetben fenntartható a megújuló energia használata, ha a gazdasági érdekek (költséghatékonyság, nem túlzó támogatás, a legjobb elérhető technológiák (BAT) technológiák használata, az erőforrások nem pazarló felhasználása, ellátásbiztonság, versenyképesség, innováció, gazdaságélénkítés), és a társadalmi érdekek (élőhely védelme, társadalmi szempontból is optimális projektek, foglalkoztatottság növelés, regionális értékek védelme, életminőség javítása, elviselhető terhek a megújuló energia finanszírozásából) is megjelennek a szempontok között.

⁵ A harmadik követelmény arra vonatkozik, hogy a hulladékok keletkezésének mértéke kisebb vagy megegyező legyen a környezet hulladék befogadó képességénél.

Az ösztönző rendszerek szükségessége és két fő típusa

A piaci árakba be nem épülő előnyök (alacsonyabb externális hatások, fosszilis energiafüggőség csökkentése, innováció élénkítése) figyelembe vétele és elismerése az állami szabályozó feladata és érdeke. A piaci preferenciák kiigazítására a megújuló energiák terjedését ösztönző támogatási rendszerek szolgálnak. A szabályozó segítségével biztosít a zöld energiatermelés számára a piaci áron felül egy többlettámogatást, amellyel a terület beruházásai megtérülőkké válhatnak.

A zöldenergiák térnyerését segítő gazdasági ösztönzőknek alapvetően két – napjainkban a megújuló energiák szabályozását uraló – típusa különíthető el a villamos energia vonatkozásában. Az ár alapú ösztönzők, a **kötelező átvételi** rendszerek; melyek a zöld energia számára egy előre garantált, a piaci árnál magasabb átvételi árat biztosítanak. Egy másik megközelítés, amikor a piaci folyamatokba nem az árakon, hanem a mennyiségeken keresztül avatkoznak be, ez a **zöld bizonyítvány** rendszerek jellemzője. Ezek mellett természetesen léteznek kiegészítő támogató rendszerek, mint például a beruházási támogatások, adókedvezmények, K+F támogatások, de az alapösztönző szerepét az előzőekben kiemelt két típus tölti be.

Az **átvételi tarifa, azaz a feed-in tariff (FIT) rendszerek** lényege az, hogy a megújuló energiaforrásból termelt energiát a szabályozó garantáltan átveszi, a piaci árnál magasabb áron. Az átvételi kötelezettség vagy a villamosenergia-kereskedőket, vagy a rendszerirányítót, vagy a hálózati engedélyeseket terheli.⁶ Az átvett zöld energia átvételi árában lévő támogatás összegét a végfelhasználókra terhelik a villamos energia fogyasztói árán keresztül. Ezáltal nem a központi költségvetés, hanem az áramfogyasztók finanszírozzák

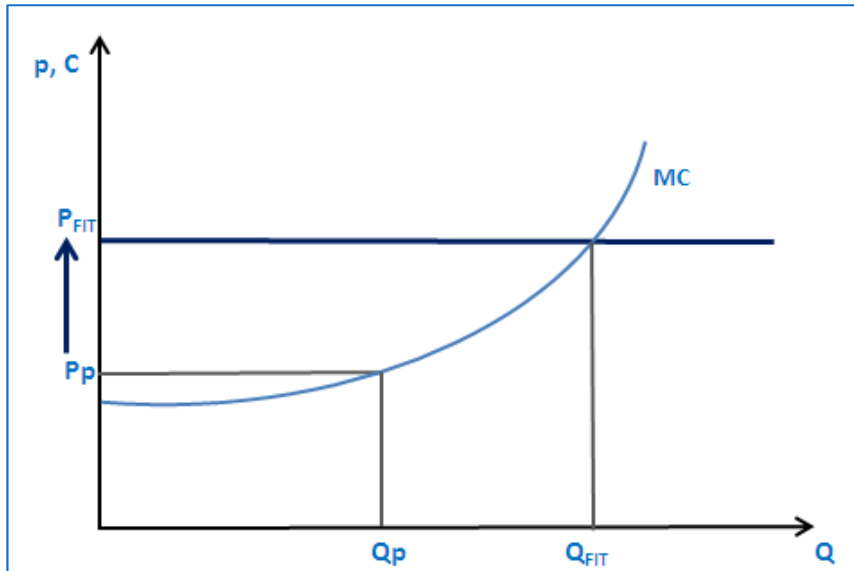
⁶ Az átvételre kötelezettek közötti versenyt a kötelező átvétel nem befolyásolja, mert az átvett mennyiséget az értékesített villamos energia arányában osztják közöttük szét, azaz minden résztvevőre azonos többletköltséget allokálnak, amelyet ezután ők is továbbosztanak a fogyasztóikra.

a megújulóenergia-termelést; pontosabban a kötelező átvételi ár piaci ár feletti részét. A szétosztás módja igazságosnak tekinthető, mivel a terheket a felhasználók a saját villamosenergia-fogyasztásukkal arányosan viselik, így a nagyfogyasztók nagyobb részt vállalnak e tételből, mint a villamos energiát csak kisebb mértékben, takarékosan használók.

A hatóságok akkor választják az áron keresztüli beavatkozási lehetőséget, ha értékes tevékenységet szeretnének ösztönözni a támogatással; olyat, amely társadalmi szempontból hasznos, de a fogyasztói kereslet nem elegendő a piaci ösztönzésére (Verbruggen, A. – Lauber, V. 2012). Tipikus példája ennek az, amikor a megújuló energia az externális költségek internalizálásának hiányában olcsóbb fosszilis termékekkel kénytelen versenyezni.

Az átvételi tarifa tehát a hagyományos, állami beavatkozás nélküli piacok keresleti és kínálati görbéinek világába⁷ az ár változón keresztül avatkozik be, a piaci árnál magasabb árat kínálva. Ezáltal a piaci viszonyok között kialakuló optimumhoz képest ($P_p; Q_p$) nagyobb mennyiségű megújuló alapú villamos energia termelését tesz lehetővé, mert olyan technológiákat/projekteket is megtérülővé tehet, amelyek az alacsonyabb piaci ár mellett még versenyképtelenek lennének.

⁷ A keresleti-kínálati függvények ábrázolására jellemzően használt koordináta rendszerben a függőleges tengelyen az árat (p =price), a vízszintes tengelyen pedig a mennyiséget (Q =quantity) jelöljük. Az ábrán a piaci körülményekre jellemző változókat p indexszel, a FIT rendszer hatására kialakuló változókat FIT indexszel láttam el ($p_p, p_{FIT}, Q_p, Q_{FIT}$).



77. ábra: A kötelező átvételi rendszer működési elve (jelmagyarázat a szövegben) (szerk.: Fodor B.)

A FIT rendszer esetében a működési mechanizmus lényege tehát az, hogy egy magasabb árszintet biztosít (P_{FIT} =a Feed-in-tariff átvételi ár), amely az adott energiaforrás hasznosításának terén a piaci körülmények között kialakulóknál nagyobb mennyiségű termelés számára teszi lehetővé a határköltséget (MC) meghaladó bevételhez jutást. Több technológia (naperőmű, szélenergiatermelő, vízenergia) ábrázolása esetén több különböző lefutású határköltség görbét vázolhatnánk fel, melyekre a FIT különböző, technológiánként differenciált árak megszabásával határozná meg a termelhető mennyiséget.

A feed-in tariff rendszerekben a megújuló projekteknek nem kell versenyezniük egymással, hiszen a kötelező, garantált áras átvétel minden projekt számára biztosított, mennyiségi korlát nélkül. A kötelező átvételi rendszerek is generálnak azért versenyt, hiszen a projektfejlesztők a legjobb

telephelyekért, a berendezések gyártói pedig a megrendelések elnyeréséért versenyeznek egymással (Butler, L. – Neuhoff, K. 2008).

A kötelező átvételi árakra – amelyek mértékét jogszabályokban határozzák meg – egy adott időtartamig jogosultak a termelők. Azok a technológiák lesznek az adott átvételi ár mellett életképesek, amelyek termelési határköltségét meghaladja a kötelező átvételi ár. Mivel az egyes technológiák bekerülési és fenntartási költségei eltérnek, ezért a kötelező átvételi rendszerek általában technológia, kapacitás, üzembe helyezési dátum, és egyéb egyedi adottságok szerint differenciált árakat alkalmaznak (Verbruggen, A. – Lauber, V. 2012).

Ebben a támogatási rendszerben a szabályozó állapítja meg az átvételi tarifákat, ezért kiemelt fontossággal bír, hogy kellően informált legyen az aktuálisan elérhető technológiák megtérüléséhez szükséges árakról. Ha túl alacsony árakat állapít meg, akkor a tarifa ösztönző ereje nem érvényesül, az ösztönözni kívánt technológia addig nem jelenik meg az országban, amíg a technológiai haladás lehetővé nem teszi az adott ár alatti termelést. Túl magas ár megszabása sem előnyös, mert ez a termelőket extra profithoz juttatja, így az adott technológiát alkalmazó termelés a kelleténél magasabb áron, azaz nagyobb összköltséggel épül ki. Ez amellet, hogy rontja a szabályozó eszköz hatékonyságát, a technológia túlterjedéséhez, és ezáltal a végfogyasztókra hárított terhek, azaz a villamos energia árának növekedéséhez, a beruházók innovációs szempontból való „ellustulásához” vezethet.

Természetesen abban az esetben, ha a szabályozó kellően informált a megújuló energia piacról, és a kötelező átvételi árakat helyesen állapítja meg⁸ és megfelelően karbantartja (differenciálja, és a technológiai haladás

⁸ Ebben a szabályozót segítheti a más országokban érvényes átvételi tarifák tanulmányozása, figyelemmel kísérése, ezeknek az országok eltérő természeti adottságait leképező átvétele.

lekövetése érdekében bizonyos időközönként felülvizsgálja), akkor a rendszer esetleges hátrányai minimálisra csökkenthetőek, az előnyei pedig megfelelően kiaknázzhatóak, így a megújuló energia alapú villamosenergia-termelés hatékony és hatásos módon ösztönözhető (Fouquet, D. – Johansson, T. 2008).

A FIT rendszerek többféleképpen épülhetnek fel. Két altípusuk létezik:

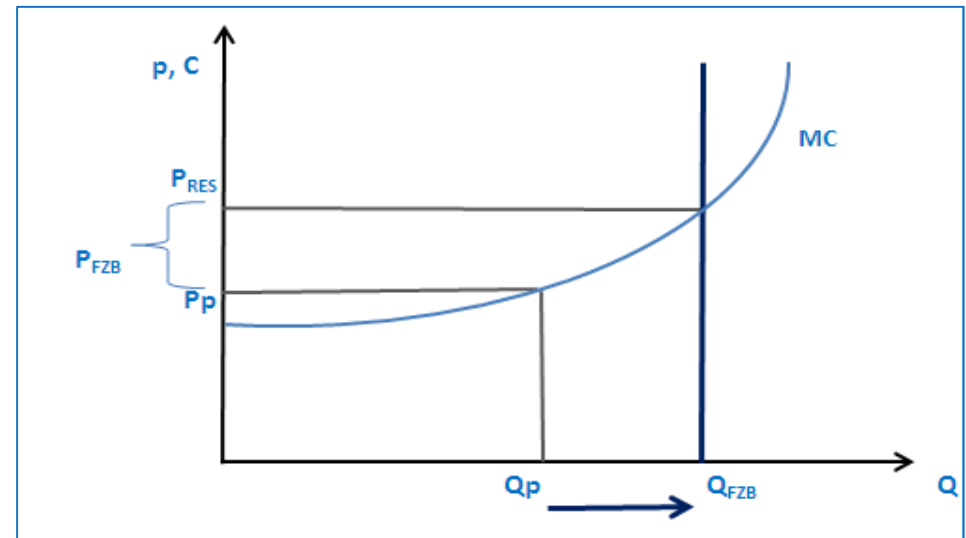
- az egyik esetben az átvételi ár fix és nem függ a villamos energia piaci áráról (**fix átvételi tarifa rendszer**);
- a másik esetben az átvételi ár egy fix prémiumot ad a villamos energia piaci ára felett, így a termelő által érzékelt átvételi ár már függ a villamos energia szabadpiaci áráról (**átvételi prémium rendszer**).

A leggyakrabban alkalmazott változat a piaci ár alakulásától független, fix áras változat, mivel a befektetők számára ez garantálja a legnagyobb kiszámíthatóságot.

A **forgalmazható zöld bizonyítvány (FZB) rendszerek** a FIT rendszerekkel szemben a piaci ár-mennyiség viszonyokba nem az ár, hanem a mennyiség oldaláról avatkoznak be. A zöld villamos energiát termelők a megtermelt – és az erre kijelölt hatóság által hitelesített – mennyiségnek megfelelő mértékű eredetigazolást („zöld” bizonyítványt) kapnak. A szabályozó kötelezi a villamos energia piac valamely szereplői csoportját (általában a kereskedőket, de esetleg a termelőket, fogyasztókat is) egy bizonyos mennyiségű zöld bizonyítvány birtoklására. A szabályozó által összesen meghatározott zöld bizonyítvány/kvóta mennyiség adja meg az adott évben a megújuló villamosenergia-termelés elvárt mértékét (Ringel, M. 2006).

A termelők ebben az esetben két termékkel kereskedhetnek, melyek piaca elválik egymástól: egyrészt piaci áron értékesítik a termelt villamos energiát; másrészt pedig értékesíthetik a számukra kiállított zöld bizonyítványokat is.

Az előző ábrához hasonló jelölések mellett az FZB rendszer működési logikáját mutatja be az alábbi ábra:



78. ábra: A forgalmazható zöld bizonyítvány (FZB) rendszerének működési elve (szerk.: Fodor B.)

A zöldenergia-termelők ebben a rendszerben is piaci ár felett értékesíthetik az általuk megtermelt energiát, de a szabályozás nem az ár, hanem a mennyiségi inputot adja meg, és ezzel jelöli ki a határkölség görbe és a fix mennyiségi kereslet metszeténél a zöld energia árát. A piaci árhoz képesti ártöbbletet, „bónuszt” a zöld bizonyítvány ára testesíti meg, ez fejezi ki a zöld energia többlettértékét a hagyományos módon termelt energiákhoz képest. Végül soron ezt a többlettámogatást is a fogyasztók fizetik meg, mert a zöld bizonyítvány megvételére kötelezettek itt is beépítik a villamos energia fogyasztói árába az így felmerült költségeiket.

A zöld bizonyítvány rendszerek működési mechanizmusa nem állami garanciákra, hanem piaci folyamatokra épül, hiszen a bizonyítványok ára nem rögzített, hanem a keresleti és kínálati viszonyok függvénye. A szabályozó általában évről évre emeli a kötelezően megvásárlandó zöld bizonyítvány mennyiségét, azaz az elvárt megújuló alapú termelés értékét, amelyet itt is arányosan osztanak szét a kötelezettekre, hogy azok között ez ne okozzon versenytorzulást. A kötelezettek nemcsak a termelőktől vásárolhatnak zöld bizonyítványt, hanem egymástól is, tehát ténylegesen egy önálló, forgalomképes áruként funkcionáló termék jön létre.

Az ösztönző piaci jellegéből adódóan a zöld projektek ebben az esetben versenyeznek egymással, ugyanazért a zöld bizonyítvány teljesítési kvótáért szállnak harcba. Ha a termelésbe belép egy új, olcsóbb termelő, az le tudja szorítani a zöld bizonyítvány árakat, amely a többi termelő nyereségének csökkenését, hosszabb távon piacának elvesztését is jelentheti. Ezért a termelőknek érdeke a technológiák minél hatékonyabb működtetése, innovatív fejlesztése.

Ha a zöld bizonyítvány piacon túlkereslet van, azaz az állam több megújuló termelést vár el, mint amennyi létezik, a zöld bizonyítvány ára felmegy, ezzel új szereplőket és beruházásokat ösztönözve a belépésre. Amennyiben a piacon túlkínálat van, az árak leesnek, rontva ezzel az esetleges új projektek megtérülési esélyét és a megújuló energia alapú villamos energia szektor vonzerejét. Tekintettel a megújuló energetikai projektek több éves átfutási idejére, ezen a piacon a kereslet-kínálati viszonyok eltolódásából fakadó piacrendeződés (új kapacitások belépése, egyesek kiszorulása) nem azonnal, hanem csak egy bizonyos idő elteltével valósul meg. Ezt kezeli több rendszer

úgy, hogy a bizonyítványok mind a termelők, mind a kötelezettek részéről az évek között átvihetők, szükség szerint átcsoportosíthatóak.⁹

Mindezek következtében a befektetők kockázata ebben az esetben magasabb, mint a kötelező átvételi rendszereknél, hiszen nem látják előre kellő biztonsággal projektjük megtérülését, mert az piaci folyamatok függvénye. Ha a technológiai haladás következtében egy új belépő kvázi letarolja a piacot, a zöld bizonyítványra jogosultak olyan helyzetbe is kerülhetnek, hogy terméküket nem tudják értékesíteni. A befektetői kockázat mérséklésére alakultak ki a gyakorlatban olyan módozatok, melyek a zöld bizonyítványoknak egy minimális és egy maximális árszintet határoznak meg, amin belül az értékük mozoghat. A minimum garatál egy piaci ár feletti értéket a zöld áramért, a maximum pedig túlkereslet esetén is kordában tartja az árak felső értékét és a végfogyasztóra rakódó terheket (Lipp, J. 2007).

A szabályozó határozza meg az adott évben elérendő megújuló energia mennyiséget, a rendszer egyéb működési feltételei – az ár kialakítása is – a piaci mechanizmusokra van bízva. Emiatt a legversenyképesebb, legolcsóbb technológiák alkalmazói jobb esélyekkel indulnak, biztosabban fogják tudni értékesíteni zöld bizonyítványaikat, mint a drágább, elavultabb, kevésbé piacérett projektek (Ringel, M. 2006). A rendszernek a hatékonyság terén ez alapján jó eredményeket kellene elérnie. A kérdés már csak az, hogy a befektetőket, finanszírozókat mennyire riasztja el a kiszámíthatóság alacsonyabb, így a kockázat magasabb szintje; azaz hogy a bizonytalan piaci áralakulás rendelkezik-e kellő ösztönző erővel a belépésre.

⁹ *Ha a termelő az adott évben nem tudta értékesíteni zöld bizonyítványát a számára túl alacsony kialakult árakon, akkor azt a következő évben is megteheti. Hasonlóan, ha egy kötelezett túl sok bizonyítványt vásárol, akkor azt felhasználhatja a következő évi előírások teljesítésére is. A zöld bizonyítvány piac működése sok hasonlóságot mutat a CO₂ kibocsátási egységek kereskedelmével.*

EU-szintű kitekintés

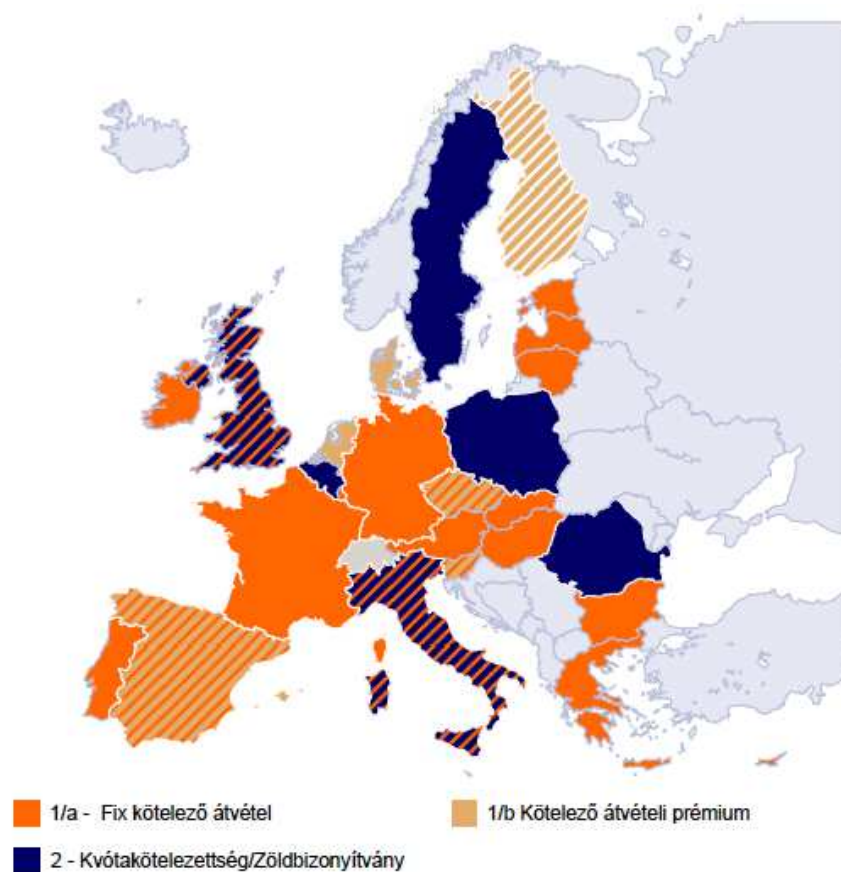
A szabályozó rendszereket értékelő és elemző szakirodalmak (Menanteau, P. et al. 2003; Haas, R. et al. 2011a) inkább a kötelező átvételi rendszerek alkalmazását tartják előnyösebbnek, célravezetőbbnek. Az Európai Unió tagállamainak szabályozásában is ez a típus van túlsúlyban, az országok közel háromnegyede választotta ezt a megoldást. A zöld energiák terén élenjáró országok többsége (Németország, Dánia, Spanyolország) is kötelező átvételi rendszert használ.

A **2001/77/EK**, a megújuló energiaforrásokból előállított villamos energia támogatásáról szóló irányelv kiemelt jelentőséggel bír a zöld energiák tekintetében. Az irányelv elismeri a megújuló energiák támogatásának szükségletét. Tudomásul veszi azt is, hogy az egyes tagállamok szintjén különböző ösztönző rendszerek alakultak ki és vannak érvényben; de NEM fogalmaz meg ajánlást az ideális ösztönző vonatkozásában, hanem a meglévő rendszerek továbbvitelére biztat (a közösségi keretek életbe lépéséig). Az azóta érvényben lévő szabályozás is őrzi ezt a szemléletet.

Az Európai Unió tagországainak döntő többsége már több évtizede alkalmaz pénzügyi ösztönzőket a megújuló alapú villamosenergia-termelés területén. Az országok e téren megfigyelhető teljesítménye, a megújuló energia hányadban elért növekedés, azaz a választott eszközök sikeressége eltérő. A sikeresség definíciója kérdéses, mert egyaránt sikernek lehet tekinteni számottevő mértékű megújuló erőmű kapacitás kiépülését, és azt is, ha a növekedés csekélyebb mértékű, de mindez alacsonyabb társadalmi terhek mellett következik be. Mindenképpen érdemes tanulmányozni az egyes országok tapasztalatait, ösztönző rendszereinek alakulását, változtatásainak okait, és a támogatási rendszerek utóbbi években megfigyelhető trendjeit.

2001-ben az EU 15 tagállama közül még 6 országban működött FZB rendszer: Ausztriában, Belgiumban, Dániában, Olaszországban, Svédországban és a

rendszer legfőbb képviselőjének számító Egyesült Királyságban. Azonban közülük több ország is alkalmazott FIT modelleket is. *A kizárólag FZB-t működtető tagállamok Olaszország és az Egyesült Királyság voltak.* A tagországok körének bővülésével a megoszlás változott, de a FIT túlsúlya a mai napig megfigyelhető; az országok háromnegyede alkalmaz kizárólagosan kötelező átvételi rendszert. E mellett az is jellemző, hogy több ország használ „kevert” rendszereket is. Az ösztönzők mai megoszlását szemlélteti a 79. ábra. Erről leolvasható, hogy amennyiben a Zöld Prémium rendszert is a FIT egyik a eseteként definiáljuk, akkor húsz tagállam alkalmaz kizárólag kötelező átvételi rendszert. Egy ország, Málta egyik rendszert sem alkalmazza, hanem kizárólag adókedvezménnyel ösztönöz. Hat országban (Olaszország, Egyesült Királyság, Lengyelország, Románia, Svédország és Belgium) működik zöld bizonyítvány rendszer, de ebből kettőben (Olaszország, Egyesült Királyság) kötelező átvételi rendszert is használnak. Pont ez utóbbi két ország volt kezdetben a zöld bizonyítvány rendszerek legfőbb példája, de az elmúlt pár évben részben áttértek az ár alapú szabályozásra. Az olasz példa visszaigazolja a napelemek már említett alacsonyabb fokú piacérettőségét, hiszen az eredetileg zöld bizonyítvány párti ország ennek az egy energiaforrásnak az esetében egyértelmű kötelező átvételi rendszert használ, míg a többi technológia esetében kevert, a befektetők által választható FIT/ZBR rendszert. Az Egyesült Királyságban 2010-ben vezettek be a kisebb kapacitású erőművekre a kötelező átvételi rendszert, mert ezt megelőzően az elért zöld arány rendre elmaradt a kitűzött céltól (Haas, R. et al. 2011a). *Így már csak négy tagállam maradt a kizárólag FZB rendszert használók között.* Ez a trend felfogható az FZB rendszer önkritikájaként is.



79. ábra: Az EU tagországokban alkalmazott ösztönző rendszerek (Held, A. et al. 2011)

Az alkalmazott ösztönzők sikerességéről véleményt alkothatunk, ha megnézzük az egyes országok villamos energia fogyasztásán belüli megújuló arányainak 1999-ről 2010-re bekövetkezett változását:

7. táblázat: Az EU-15 országok megújuló energia aránya a villamosenergia-termelésen belül. (Eurostat 2012)

Ország	1999	2010	Változás %	Változás 2010/1999	Alkalmazott ösztönző
Ausztria	71,4%	61,4%	-10,0%	-14%	FIT
Belgium	1,0%	6,8%	5,8%	580%	FZB
Dánia	12,1%	33,1%	21,0%	174%	FIT/ZPR
Finnország	26,3%	26,5%	0,2%	1%	FIT/ZPR
Franciaország	16,3%	14,5%	-1,8%	-11%	FIT
Németország	5,2%	16,9%	11,7%	225%	FIT
Görögország	9,5%	16,7%	7,2%	76%	FIT
Írország	5,1%	12,8%	7,7%	151%	FIT
Olaszország	16,7%	22,2%	5,5%	33%	FZB/FIT
Luxemburg	1,9%	3,1%	1,2%	63%	FIT
Hollandia	2,4%	9,3%	6,9%	288%	FIT/ZPR
Portugália	20,4%	50,0%	29,6%	145%	FIT
Spanyolország	12,8%	33,1%	20,3%	159%	FIT/ZPR
Svédország	50,7%	54,5%	3,8%	7%	FZB
Egyesült Királyság	2,5%	6,7%	4,2%	168%	FZB/FIT

Az 1999-es és 2010-es értékekből kiszámoltam azok egyszerű különbségét (változás%), amely azt jelzi, hogy a vizsgált 11 év alatt hány százalékkal nőtt/csökkent a villamos energián belüli megújuló arány. A következő oszlopban azt ábrázoltam, hogy a kezdeti értéket 100%-nak tekintve, az milyen mértékben változott 2010-re. Ugyanis az ösztönző sikeressége nemcsak attól függ, hogy mekkora emelkedést figyelhetünk meg a kiinduló értékhez képest, hanem számít a viszonyítási alap is, tehát hogy a kiinduló érték hányszorosára nőtt. Nem ugyanaz az eredmény egy 5%-os növekmény például 20%-os vagy 5%-os alapnál, hiszen első esetben „csak” 25%-os, második esetben pedig 100%-os növekményt ért el az adott szabályozó eszköz. Az utolsó oszlopban az adott országra jellemző ösztönző rendszert tüntettem fel, nemcsak a jelenleg, hanem a vizsgált 11 évben alkalmazottat (Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont, 2012). Több eszköz alkalmazása esetén a dominánsabb került előre.

A növekedési ütem tekintetében kiemelkedő (150% körüli, vagy e feletti) teljesítményt ért el nyolc tagállam: Belgium, Dánia, Németország, Írország, Hollandia, Portugália, Spanyolország, Egyesült Királyság. Ezen országok közül hat tagállam alapvetően FIT rendszert alkalmazott és mindössze két FZB rendszerű ország emelhető ki, Belgium és az Egyesült Királyság. Ha azonban az arányok növekedését is bevonjuk az elemzésbe (negyedik oszlop adatai), akkor láthatjuk, hogy a gyors gyarapodás ellenére, ez a két ország mindössze 5,8%-kal illetve 4,2%-kal tudta növelni az arányt. Azon országok, ahol a megújuló hányad 10% feletti növekedést ér el, a táblázatban zöld kiemeléssel szerepelnek, ezek mindegyikének szabályozását a FIT rendszer uralja. Az értékek változása alapján tehát a FIT rendszerek, ezen belül is Dánia, Németország, Portugália és Spanyolország ösztönzői tűnnek a legsikeresebbnek, követendő példának.

A két rendszert összehasonlító, elemző szakirodalom leggyakrabban a német és az angliai tapasztalatokat dolgozza fel, ez a két ország tekinthető leginkább a két rendszer „típuspéldájának”.

Az angliai (FZB) szabályozás legfőbb kritikái, hiányosságai az alábbiak szerint összegezhetőek (Lipp, J. 2007; Haas, R. et al. 2011b):

- A kezdeti, 1989-ben bevezetett (Non-Fossil Fuel Obligation) rendszer elsősorban a fosszilis energiaforrások visszaszorítását célozta, amely az első években inkább a nukleáris energiatermelést támogatta, és csak 2002-ben jelentek meg a megújuló energiák is a kötelezettség teljesítésének lehetséges eszközeiként, és ekkor nevezték át a rendszert Renewable Obligation-ra.
- Az ország fosszilis energiahordozókkal való ellátottsága miatt a megújuló arány növelése nem kapott kiemelt prioritást.
- A szabályozó nem fogalmazott meg hosszú távú célokat, preferenciákat, ennek következtében a szabályozás gyakran változott.

- Az FZB rendszer nem volt technológiánként differenciált, ezért csak a legköltséghatékonyabb technológiák elterjedését segítette, és szinte kizárólag a szélenergia és a biomassza hasznosítás területén mutatott fel érdemi előrelépést, de ezt is az ország adottságaihoz képest korlátozott mértékben.
- A projektek kis számossága és technológiák szerinti differenciálatlansága miatt viszonylag kisszámú befektető tulajdonába kerültek a zöld bizonyítványok, melyek értékesítéséről így szinte kizárólag egyedi megállapodások alapján döntöttek. Ez fokozta az árelőrejelzések bizonytalanságát, emelte a befektetői kockázatot, és növelte a rendszer működtetésének adminisztrációs költségeit.
- A kevés számú résztvevő miatt és a kockázatok csökkentése érdekében a zöld áram gyakran hosszú távú megállapodások keretében került értékesítésre, így a piacon, verseny útján kialakuló árakra építő működési modell igazából nem funkcionált megfelelően.
- A kvóta nem teljesítése esetén kiszabott büntetés mértéke alacsony volt.
- A rendszer nem engedte a bankolást, azaz a bizonyítványok egyik évről másik évre való átcsoportosíthatóságát, ezért a befektetők joggal tarthattak attól, hogy minél inkább elérik a kvótát, annál alacsonyabb lesz a bizonyítványok ára. Ez eleve egy ellenérdekeltséget generált a növekedéssel szemben.
- Az ország az engedélyezési rendszert sem tette egyszerűbbé a projektek minél gyorsabb terjedése érdekében.
- Mindezek következtében a kitűzött éves zöld kvótáktól rendszerint elmaradt a teljesítmény.
- A megújuló energiák térnyerésének üteme és diverzifikáltsága is lényegesen elmaradt a német és a dán fejlődéshez képest.

- A megújuló energia célok tervtől való elmaradása csak a nukleáris energia időközbeni térnyerése miatt nem veszélyeztette az ország üvegházhatású gáz csökkentési vállalásainak teljesítését.

A német modell sikeres működését a következőkkel magyarázhatjuk
(Menanteau, P. et al. 2003; Haas, R. et al. 2011b):

- A szabályozó a kezdetektől (1991) elkötelezett volt a megújulóenergia-termelés növelése iránt, és ezt társadalmi szintre is próbálta átültetni.
- Az alkalmazott FIT rendszer 15-20 évre garantálta az átvételi árakat, ezzel a befektetők kockázatát lényegesen csökkentette.
- A tarifákat nemcsak az egyes technológiák között, de egy-egy technológián belül is differenciálták az egyes projekthelyszínek eltérő adottságai szerint.
- Az átvételi árak üzembe helyezési időnként is differenciáltak, és az időben degresszívek. Az 5-10 évre előre bejelentett tarifák így szükségessé is tették az innovációt és korlátozták az extraprofit szerzésének lehetőségét.
- Az előre közölt átvételi árak tekintetében nem volt jellemző ezek változtatása, azaz a szabályozó megbízható tervezési/előrejelzési lehetőségeket teremtett.
- A zöld-energiák számára biztosított „burok”, a piaci verseny kizárása ösztönözte és lehetővé is tette az innovációt, így a német berendezéseket gyártó bázis megerősödött, és egyes iparágak (pl. szélenergiák gyártás) éllovasává vált.
- A folyamatos innováció lehetővé tette a technológiák egységköltségének csökkenését.

- A technológiák szerinti megfelelően differenciált átvételi árak a technológiák szélesebb körének terjedését szolgálták, viszonylag nagy arányú kisbefektetői részvétellel. Ez is erősítette a társadalmi elfogadottság mértékét.
- A szabályozó lényeges erőfeszítések árán egyre egyszerűbbé és rövidebbé tette a megújuló projektek engedélyeztetési folyamatát.
- A rendszer adminisztrációs költségei alacsonyak, a befektetői kockázat mérsékelte, így a német modell nemcsak látványosabb eredményt ért el, de mindezt alacsonyabb költségek mellett is tette, mint a zöld bizonyítvány rendszerek (Fouquet, D. –Johansson, T. 2008).

Összegzés, az ideális ösztönző rendszer

Összegezve a fentieket megállapítható, hogy az EU tagállamok szintjén egyelőre a (házánk által is alkalmazott) kötelező átvételi rendszerek tűnnek sikeresebbnek a megújuló energiák térnyerésének ösztönzésében. Ezt támasztja alá a FIT rendszert alkalmazó tagállamok növekvő száma, jobb elért teljesítménye, és az egyes zöld bizonyítványt használó országok részbeni FIT szabályozása is.

Azt is érdemes még megemlíteni, hogy a jelenlegi, gazdasági válsággal terhelt, ezért nagyobb bizonytalanságokat rejtő makrogazdasági helyzetben valószínűleg még népszerűbbek lesznek a biztonságosabbnak mondható kötelező átvételi rendszerek. Viszont az ezekben vetett bizalmat egy visszamenőlegesen bevezetett szabályozási változtatás teljesen alááshatja, hiszen pont a legfőbb erényét, a kiszámíthatóságát kérdőjelezi meg. Sajnos erre az elmúlt években volt több példa is (Csehország, Spanyolország, Bulgária). Ahhoz, hogy az adott rendszer tudja hozni a tőle elvárható előnyöket, az alap működési elveit tiszteletben kell tartani.

Felhasznált irodalom

Butler, L. – Neuhoff, K. (2008): Comparison of feed-in tariff, quota and auction mechanism to support wind power development. *Renewable Energy*, pp. 1854-1867.

Dinica, V. (2006): Support systems for the diffusion of renewable energy technologies-an investor perspective. *Energy Policy* (34) pp. 461-480.

Eurostat (2012): Energy, transport and environment indicators. Luxembourg: Publications Office of the European Union

Fouquet, D. – Johansson, T. (2008): European renewable energy policy at crossroads – Focus on electricity support mechanism. *Energy Policy* , (36), pp. 4079-4092.

Haas, R. et al. (2011a): Efficiency and effectiveness of promotion systems for electricity generation from renewable energy sources - Lessons from EU countries. *Energy* 36 , pp. 2186-2193.

Haas, R. et al. (2011b): A historical review of promotion strategies for electricity from renewable energy sources in EU countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15 , pp. 1003-1034.

Held, A. et al. (2011): D17 Report: Re-Shaping. Indicators assessing the performance of renewable energy support policies in 27 Member States.

IEA (2011): Deploying Renewables. International Energy Agency, Paris.

Kerekes S. (2007): A környezetgazdaságtan alapjai. Budapest: Aula Kiadó.

Kerekes S. – Szlávik J. (1996): Környezetgazdaságtan, környezetmenedzsment. Budapest: BME. p. 81

Lipp, J. (2007): Lessons for effective renewable electricity policy from Denmark, Germany and the United Kingdom. *Energy Policy*. (35), pp. 5481-5495.

Menanteau, P. – Finon, D. – Lamy, M-L. (2003): Price versus quantities: choosing policies for promoting the development of renewable energy. *Energy Policy* , (31), pp. 799-812.

Power Consult (2010): A villamosenergia termelés externális költségei, különös tekintettel a megújuló energiaforrásokra. Budapest.

Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont. (2012): Renewable Support Schemes for Electricity Produced from Renewable Energy Sources. Review of the ERRA Member Countries and 2 Country Case Studies: Czech Republic and Sweden.

Ringel, M. (2006): Fostering the use of renewable energies in the European Union: the race between feed-in tariffs and green certificates. *Renewable Energy* , (31), pp. 1-17.

Sovacool, B. K. (2008): Valuing the greenhouse gas emissions from nuclear power: A critical survey. In: *Energy Policy* 36 pp. 2940-2953

Verbruggen, A. – Lauber, V. (2012): Assessing the performance of renewable electricity support instruments. *Energy Policy* 45. pp. 635-644.

8.3 Szemelvények az energiagazdálkodás természeti korlátainak tárgyköréből

Munkácsy Béla – Csoma Tamás – Kovács Krisztina

Az energetikai rendszer átalakítása nem csak a jogszabályi környezet vagy a szakértők és döntéshozók természettudományos ismereteinek bővítését, szemléletmódjának átalakítását igényli, de a természeti környezet, így például **az erőforrások és a befogadók rendelkezésre állásának függvénye** is. Az alábbiakban – a megújuló energiaforrások igénybe vételéhez szükséges berendezések életciklusát figyelembe véve – felvázoljuk azokat a legfőbb nehézségeket, esetleg szűk keresztmetszeteket, amelyek a jövőben akadályozhatják ezen technológiák elterjedését. Hangsúlyoznunk kell azonban, hogy az anyagtudomány és általában a technológia fejlődése alaposan átírhatja az általunk körvonalazott kihívásokat.

Fejezetünk első részében az **alapanyag-készletek szűkösségének szempontjából** két kulcsfontosságú technológia, a szélturbinák és a napelemek gyártásának feltételeit tekintjük át vázlatosan. A második részben arra hívjuk fel a figyelmet, hogy az **életciklus** kimeneti oldalán is számolni kell a **szennyezőanyagok befogadásának korlátosságával**.

A környezet terhelése a bemeneti oldal szempontjából

Az egységnyi villamos áram vagy hőenergia létrehozásával kapcsolatos **erőforrásigény egy 20-30 éves működési ciklusra** vetítve a megújuló energiahordozók esetében a legkedvezőbb. Ez az energetikai irányváltás egyik leginkább lényeges mozgatórugója, ám felmerül a kérdés, hogy maga az átmenet időszaka milyen jellegű és milyen mértékű környezetterheléseket jelent.

Acél

Az alapanyagok szűkössége szempontjából a vasérc rendelkezésre állása az egyik leglényegesebb elem, hiszen egy modern **szélturbina** tömege – az alapozáshoz felhasznált anyagokat figyelmen kívül hagyva – 80%-ban acélból épül fel (Garrett, P. – Rønde, K. 2012), ami óriási mennyiséget jelent egy átlagosan 3-400 tonnás szerkezetnél. Ez a tetemes mennyiség a toronyban, a gondolában, a turbina tengelyében és az alapzatban összpontosul. A **napenergia** hasznosítása terén a speciális rozsdamentes acél jelentősége kiemelkedő mind a tartószerkezetek, mind pedig a hőtároló rendszerek kialakításában.

Az acél fő nyersanyaga a vasérc, aminek a gyártása folyamán jelentős mennyiségű elektromos áramra, illetve a konvencionális termelés során jelentős mennyiségű kokszra van szükség. A jelenleg legerőteljesebb – a globális termelés 70%-át kitevő – kemencés előállítási módszerrel egy tonna acél előállításához 770 kg kokszolható feketeköszén szükséges. A vashulladékot feldolgozó elektromos kemencék energiaigénye is számottevő, a fejlesztések ellenére is 400 kWh/tonna felett marad (ami egy átlagos hazai fogyasztó éves áramfogyasztásának mintegy harmada). A jelenlegi fogyasztást figyelembe véve a vasérc még 25-30 éven át lesz gazdaságosan kitermelhető, de ez az érték a közgazdasági tényezők változásának (így az árak növekedésének) függvényében akár 80 év is lehet (USGS 2013).

Reményt keltő azonban, hogy a hulladékvas feldolgozása igen nagy ütemben terjed. Ennek számos előnye mellett kiemelendő, hogy az acél újrafeldolgozásával közel 67%-os energiamegtakarítás és a vasérc mellett számos más alapanyag felhasználásának visszaszorítása érhető el (Johnson, J. et al. 2006). Éppen ezért igen lényeges, hogy globális átlagban az újrafeldolgozott acél részaránya növekvő, ma már 37% körüli. Ez éves szinten

570 millió tonna acélhulladék felhasználását jelenti. Reményt keltő, hogy a fejlett iparral bíró gazdaságok az átlagnál lényegesen magasabb, 70% körüli mutatókat érnek el (BIR 2013).

Alumínium

Az alumínium felhasználása a megújuló szektorban szinte mindenhol jelen van, de leginkább a **napenergia** hasznosítása terén domináns. A napelemek esetében az 1 MW beépített teljesítményhez felhasznált alumínium mennyisége elérheti akár a 60 tonnát, míg koncentráló naperőművekben (Concentrating Solar Power – CSP) a 130 t/MW-t is (Bödeker, J. M. et al. 2010). Napkollektorok esetében is egyre gyakrabban váltják ki az értékesebb rezet alumínium abszorberrel, illetve az acél tartószerkezetet alumíniummal. A szélenergia terén az acél után ez a legnagyobb tömegben felhasznált anyag. A modern szélturbinák 50-100 tonnás gondolájának már több mint 65%-át az alumínium teszi ki (Garrett, P. – Rønne, K. 2012), és szerepe a súlycsökkentés, illetve a hatékonyságnövelés okán egyre növekszik az iparágban.

Az alumíniumgyártás alapját képező **bauxit** tartalékai bőségesek, és decentralizáltan oszlanak el a Föld országai között. A 2012. évi világtermeléssel számolva több mint 100 évre tűnnek elegendőnek a jelenleg gazdaságosan kitermelésre ajánlott készletek (USGS 2013). A világszerte alapján 1 tonna alumínium előállításához 5,2 tonna bauxit szükséges, melynek már a bányászata, feldolgozása is hatalmas energiabefektetést kíván, hiszen 1 tonna tiszta alumínium gyártásához átlagosan 15 289 kWh elektromos áramra van szükség (OECD 2010).

Az alumínium újrafeldolgozása tehát legfőképp nem a készletek védelmének a szempontjából fontos, hanem a termék életciklusában domináló

befektetett energia megtakarítása okán, mellyel mintegy 92%-a spórolható meg (West, L. 2009). Ez a megtakarítás egy tonnára vetítve több mint egy amerikai egyesült államokbeli háztartás teljes energiafogyasztása. Leginkább ezzel hozható összefüggésbe, hogy az acél és a papír után a legnagyobb mennyiségben ennek a másodnyersanyagnak az újrafeldolgozása zajlik. Napjainkban az alumínium-hulladékoknak átlagosan mintegy 30%-át dolgozták fel újra, ám ez az arány egyes szektorokban lényegesen magasabb lehet, az autóiparban például 85-95% közötti (IAI 2013).

A vas- és acélgégyártás, valamint az alumíniunkohászat esetében tehát a feldolgozáshoz szükséges **energia árától függ legnagyobb mértékben** az ellátás biztonsága.

Réz

Felhasznált tömege szempontjából a réz csupán a harmadik helyet foglalja el a megújuló energiát hasznosító berendezések alapanyagai között, ugyanakkor elmondható, hogy ezen a téren az egyik legfontosabb nyersanyag, ugyanis az ezüst után a legjobb hő- és elektronvezetési képességekkel rendelkező fémünk, ráadásul mind fizikailag, mind kémiai viszonylag stabil, korrózióálló anyag. Alkalmazásával tehát jelentősen csökkennek a hálózati veszteségek, kisebb áramtermelő-kapacitást kell üzemeltetni, kevesebb energiaforrást kell felhasználni.

A megújuló alapú energiatermelés rézfogyasztása jelentősen meghaladja a konvencionális áramtermelési módok rézfelhasználását, mivel **térben sokkal szétszórtabban** valósul meg a folyamat (Zipp, K. 2012). A szélturbinák rézfelhasználása egy brit tanulmány szárazföldi szélfarmok életciklus-elemzéseinek átlagai alapján megawattként mintegy 5,6 tonnát tesz ki, ami – 3 MW teljesítménnyel kalkulálva – erőművenként átlagosan 16,8

tonnát jelent, emellett a gépek közti kábelezésre és az alállomáshoz való csatlakozáshoz további 10,9 tonnát használnak fel egy turbinára vetítve (Falconer, I. K. 2009).

A napenergia hasznosítás terén az input nyersanyag értékének jelentős részét mind a napkollektorok, mind a napelemek esetében a réz adja. Jelentős növekedés prognosztizálható a második generációs, réz alapú vékonyfilmes napelemek piacán is. Újabb fejlesztési irányzat a szilícium alapú napelemeknél az ezüst kontaktrács **réz félvezető** alapúra cserélése, amivel jelentős, akár 10%-os költségmegtakarítás is elérhető, de további igényt generál a réz tekintetében.

A réz növekvő felhasználása a távoli jövőben nehézségekbe ütközik, mivel a jelenlegi kitermeléssel számolva csak 40 évre elegendő műre való vagyonnal rendelkeznek a szárazföldi bányaterületek. A kitermelés csúcspontját 2020-2030-ra becsülik (Laherrére, J. 2010). 2012-ben az összes kitermelt réz közel 40%-a a dél-amerikai Andok hegyeiből származott, ami minden szempontból jelentős centralizációt jelent (USGS 2013). A gazdaságosan kitermelhető készleteket vizsgálva viszont még jelentősebb koncentráció figyelhető meg, ugyanis Chile, Peru és Ausztrália rendelkezik a megmaradt készletek több mint felével. 2002 óta legalább hatszorosára ugrott a fém világpiacon árá, amely tendencia további folytatódása áremelkedést okozhat a megújuló energiák és tiszta technológiák elterjedésével kapcsolatban.

A réz esetében is közel 90%-os energiamegtakarítást érhetünk el az elsődlegesen kitermelt ércek felhasználásához viszonyítva (West, L. 2009). A 2010-es évek elején világszerte már 30%-ot is meghaladta az újrafeldolgozott réz aránya a késztermékekben (ISRI 2012), és ez az érték az egyre hatékonyabb visszagyűjtési rendszerek, illetve a növekvő világpiacon árá miatt további növekedés elé néz. Ugyanakkor Európában Oroszországot is beleszámítva már 43%-os volt az újrafeldolgozott réz ipari felhasználása.

A réz esetében az alternatív források (tenger alatti bányászati módszerek), a helyettesítési törekvések és a réz kiemelkedő újrahasznosítási aránya (ISRI 2012) csak részben jelent megoldást a várható nehézségekre. Ha nem sikerül kiváltani, vagy lecsökkenteni a különféle berendezéseknek a rézfelhasználást, akkor a jelenlegi világgazdasági környezetben azok áraiban évről évre gyorsan növekvő részt fog képviselni, így a megújuló energiaforrások elterjedésének lefékezését idézheti elő.

8. táblázat: A szél- és a napenergiát hasznosító berendezések három legnagyobb mennyiségben felhasznált nyersanyagai (Az USGS 2013 alapján szerkesztette Csoma T.)

	Vasérc	Bauxit	Réz
Műre való vagyon 2012-ben (millió tonna)	80000	28000	680
Éves finomítás 2012-ben (millió tonna)	3000	263	17
Kimerülés éve*	2039	2118	2052

* a 2012-es műre való készletekkel számolva

A szélturbinák további nyersanyagai

Beton

Egy szélturбина kialakításához a legnagyobb mennyiségben felhasznált anyag az úgynevezett feszített beton, mely a többszáz tonnás fémszerkezet alapzatának kialakításához szükséges. Mennyiségét tekintve, egy 3 MW-os átlagos szárazföldi turbinánál 1100-1200 tonnát használnak fel belőle. A beton legfőbb alapanyagai a földrajzilag és mennyiségileg is széleskörűen rendelkezésre álló mészkő (cement), a homok, illetve a sóder, melyek készleteinek kimerülésére a jövőben nem kell számítani (Jacobson, M. Z. - Delucchi, M. A. 2010). A **cementgyártás** ugyanakkor rendkívül energiaigényes folyamat, ráadásul jelentős CO₂-emittáló ágazat is, ami világviszonylatban nagyjából 5-7%-kal részesedik a kibocsátásból.

A beton – a víz után – az emberiség által a második legnagyobb mennyiségben felhasznált anyag. A hatalmas mennyiség okán különös figyelmet kell fordítani az újrafeldolgozására.

Kompozit műanyagok

A nagyméretű modern szélturbinák lapátjait műgyantával megszilárdított üvegszálás, és egyre növekvő arányban karbonszálás anyagok építik fel. Utóbbi anyagfelhasználásával nagyobb, ellenállóbb, és könnyebb lapátokat képes előállítani az iparág. Ezekkel nagyobb felületen több szelet képesek befogni a turbinák, ami többletenergiát, illetve kisebb szélesebségnél is hatékonyabb működést eredményez. Ez a tény a hazai szélklíma mellett is igen jelentős szerepvállalást eredményezhet a szektor számára. Globális kitekintésben pedig a könnyebb rotorok miatt a szélturbina szerkezete miatt a jövőben a gyártás is kevesebb alapanyagot igényel majd.

Az **üvegszál** legfőbb alapanyaga az újrahasznosított üveg, illetve a szilícium-dioxid, ami a Föld második leggyakoribb vegyülete. A gyártáshoz szükséges energiabevitel jelentős, **55 MJ/kg**, ami a fémhulladéktól mentes előállítású acél energiarátájának majdnem a duplája (Van Vuure, W. A. 2008). A másodnyersanyag-ellátás terén a jövőben nem várható akadály, a nagy energiaigény azonban lényeges tényező marad.

A **karbonszál** alapanyaga lehet szén és olajkátrány, illetve az elterjedtebb gyártástechnológiában propilénből és ammóniából állítják elő. Ugyanakkor a gyártás folyamán több lépcsőben órákon keresztül, akár 1000-2000 °C-ra is fel kell hevíteni a nyersanyagot, így az anyag árában kiemelkedik a befektetett energia költsége. A karbonszálás anyagok gyártási energiaigénye az üvegszálhoz képest 4-5-szörös, **234 MJ/kg**-os értéket mutat.

A fenti alapanyagok újrafeldolgozása mindig is problematikus feladat volt. Ezt támasztja alá, hogy életciklus-analízisében még a legnagyobb szélturbinagyártó sem tudott e tekintetben 50%-nál nagyobb részarányval kalkulálni (Garrett, P. – Rønne, K, 2012) – bár ezen a téren a kutatás nagy intenzitással folyik és a közeljövőben akár áttöréssel is számolhatunk.

Ritkaföldfém alapú permanens mágnesek: neodímium, diszprózium

A szélturbinák generátorában további kulcsfontosságú anyagok találhatóak, melyek szerepe a mozgási energia elektromos árammá való átalakításáért felelős. Ezek a turbina tömegéhez viszonyítva a legkisebb mennyiségben felhasznált, ám kiemelkedően fontos ritkaföldfémek, a **neodímium** és a **diszprózium**. Ezekből az anyagokból készülnek a legerősebb, legkönnyebb és legtartósabb mágnesek. Az ilyen generátorral felszerelt turbinák sokkal hatékonyabbak és könnyebben illeszthetők a hálózatba. Gépházuk lényegesen kisebb és könnyebb kialakítású, amely az egész szélturbina tömegének csökkentése szempontjából lényeges: egy 80-85 méter magas oszlopra támaszkodó, 3 MW teljesítményű ritkaföldfém generátorral felszerelt turbina esetében közel 10 tonna acél, illetve jelentős mennyiségű beton felhasználása takarítható meg egy ferrit alapú mágneset tartalmazó generátorral felszerelt turbinához képest. Ugyanakkor fontos azt is megjegyezni, hogy többféle kialakítású turbina-hajtásrendszer létezik, melyek közt akár két nagyságrendnyi eltérés is mutatkozhat a ritkaföldfémek felhasználásában. Az onshore turbinák körében a klasszikus váltódobozos (conventional geared drive train) meghajtásrendszer dominál, ehhez egy átlagos 3 MW-os szélérőmű esetében összesen 82 kg neodímiumot és 7 kg diszpróziumot használnak fel. A közvetlen meghajtású állandó mágneses generátorral felszerelt (direct drive) turbina kialakításához ennek 6-7-szeresét, megawattanként 600 kg ritkaföldfémeket is felhasználhat az iparág.

A neodímium a második leggyakoribb ritkaföldfém, így készleteit tekintve nem veszélyezteteti kimerülés, csupán gazdasági, környezetvédelmi, és politikai szempontok okozhatnak ideiglenes szűkösséget (pl. Kína exportkvótái 2010-től). Ellátás oldali biztonság szempontjából a neodímiumot a legkritikusabb nyersanyagok közt tartják számon, és ha 2015 után nem jelenik meg szignifikáns kínálat oldali bővülés, akkor erőteljesebb szűkösség léphet fel. A pusztítóan környezetszennyező ritkaföldfém bányászatot úgy tűnik, hogy csak a világpiaci ár hátráltatja több országban. 2010 előtt Kína rendelkezett a ritkaföldfém termelés 97%-ával. Monopolhelyzete miatt megtehetette, hogy árat emeljen, és csökkentse exportjának mértékét. Emiatt más konkurens, ritkaföldfémmel rendelkező országokban több évtized hanyatlás után újra számításba került a kitermelés. A 2012-ben kieső kínai ritkaföldfém exportjának mennyiségét az Amerikai Egyesült Államokban újrainduló bányászat, és Ausztrália termelésének megduplázódása semlegesítette. Bár az összes ritkaföldfém 86,3%-a még így is Kínából származott 2012-ben, de a két évvel korábbi 97%-os arányhoz képest jelentős decentralizáció indult el a termelésben, ami az ellátás biztonságát is segíti (USGS 2013). Problémát jelent viszont, hogy a további új bányaprojektek csak 10-15 év múlva valósulhatnak csak meg. Ugyanis a kínainál jelentősen szigorúbbak és költségesebbek a környezetvédelmi intézkedések, melyek megfelelő kialakítása és tesztüzeme sok időt igényel.

A **diszprózium** teszi ki a permanens mágnesek kevesebb, mint 10 tömegszázalékát, mely az egyik legritkább a ritkaföldfémek közt. A mágnesek tartósságát és kiváló termikus tulajdonságait biztosító ötvözőelem ellátásában zavarokra számíthatunk a közeljövőben. 2035-re a 2010-es kereslethez viszonyítva 2600%-os keresletbővülést becsülnek. 2012-ben nem termeltek Kína határain kívül diszpróziumot (Lifton, J. 2012), de Ausztrália közeteiben jelentős készletek vannak, itt a termelés beindulása legkorábban 2015-2017 környékére tehető. A jelenlegi 1 400 t/év felhasználást évente 100 tonnával kellene bővíteni, hogy kielégítse a bővülő keresletet, de

pusztán a kínai készletek ezt nem teszik lehetővé, így a 2010-es évek végén már komoly ellátás oldali problémával kell számolnunk (Lifton, J. 2012). Reménykeltő tény, hogy jelentős fejlesztések történnek a **diszpróziummentes permanens mágnesek** felé, ráadásul nem más ritkaföldfémekre való átállással (Gehm, R. 2013).

A permanens mágnesekben és az egyéb alkatrészekben a ritkaföldfémeket **ötvözet** formájában használják fel. Nagy tisztaságú visszanyerésük bonyolult és költséges technológiai feladat, ezen a téren jelenleg is folynak a kutatások, ugyanakkor már gyakorlati eredményekről is be lehet számolni. A francia Rhodia cég 2012-től a szélerőművek és az elektromos járművek permanens mágneseit, továbbá az elektronikai berendezések akkumulátorait dolgozza fel. A Honda cég 2013-ban külön az akkumulátorok ritkaföldfémjeit újrahasznosító üzemet hozott létre Japánban, amely a bevitt fémek 80%-át 99%-os tisztaságban képes kinyerni. A szigetországban egy új iparági szleng alakult ki a raktárak sorát megtöltő használt elektronikai hulladék készleteinek újrafeldolgozására, melyet „városi bányászat” néven illetnek (Urban mining). Ez a hulladék mennyiségileg a 2010-es évi világtermeléssel számolva 3 évre elegendő ritkaföldfém-készletet rejt. Az Európai Unió 2012-ben újraírta a már 10 éves E-hulladékokról szóló jogszabályát, mely szerint a tagállamokban 2016-tól el kell érni az eladott készülékek 45%-ának újrahasznosítását. A tervek szerint ez 2019-ben 65%-ra, esetleg 85%-ra fog emelkedni, jelentős mennyiségű ritkaföldfém-től szabadítva meg a hulladéklerakókat.

A jövőben az alumíniumgyártás során keletkező melléktermék, a **vörösiszap** is jelentős forrásává válhat a ritkaföldfémeknek. Ennek lehetőségét 2013-ban magyar kormányzati programok is vizsgálták. Becslések szerint a hazai tározókban 52–60 ezer tonna ritkaföldfém-készlettel számolhatunk (a ritkaföldfémek közé tartozó összes elemre vonatkoztatva), mely a 2013-as összes ritkaföldfém-kitermelés közel fele.

A napelemek további speciális nyersanyagai

A napelem-technológiák tekintetében célszerűen a 2013-ban legelterjedtebb típusainak nyersanyagigényét vizsgálhatjuk. A **szilícium alapú napelemek** esetében a szilíciumot és az ezüstöt; a **vékonyfilmes napelemek** esetében a különleges félvezető fémeket, a kadmiumot, a tellúrt, az indiumot, a szelént, és a galliumot; a **többrétegű (multi-junction)** napelemeknél a germániumot, és az arzén helyzetét részletezzük.

A termelési statisztikák összegzéséből kitűnik, hogy 2012-ben a napelem-nyersanyagokat kitermelő országok közül magasan kiemelkedik Kína. A szelén és a tellúr kivételével az összes erőforrás kitermelésében jelentős szerepet tölt be az ország, a szilícium és a germánium tekintetében pedig lényegében monopolhelyezettel rendelkezik (USGS 2013).

Szilícium alapú napelemek

Szilícium

Felmérések szerint a szilícium alapú napelemek terawattos (millió MW) léptékű elterjedését a cellák költségének harmadát kitevő **szilícium** mennyisége nem fogja korlátozni, mert bár a kitermelési kapacitás korlátos, de bőségesen rendelkezésére áll (USGS 2013). A technológia fejlődésével a korábbi 16 gramm/Wp-os (vagyis egy watt teljesítményre vetítve 16 gramm) szilícium felhasználás értékét sikerült leszorítani – mindössze 5 év leforgása alatt – 6 gramm/Wp-re, ami több mint 60%-os anyagmegtakarítást jelent.

Ezüst

A szilícium alapú napelemek gyártásánál jelentős mennyiségű **ezüstre** is szükség van, ugyanis egy átlagos szilícium alapú napelempanel 20 gramm ezüstöt tartalmaz (Sykora, A. 2010). A világ ezüstoffelhasználásának 11%-át a napelemgyártók használták fel 2010-ben. Mivel a napelemes rendszerek több mint 90%-a szilícium alapú (Bleiwas, D. 2010), így elterjedésük is hozzájárult az ezüst drasztikus világpiaci áremelkedéséhez – 2009 és 2013 között az ár közel triplájára nőtt.

Az ezüstöt leggyakrabban a cink-, az ólom-, és az aranybányászat melléktermékeként bányásszák. A műre való vagy a jelenlegi kitermeléssel számolva csupán 23 évre elegendő (USGS 2013). Az összes gazdaságosabb kitermelésre nyilvánított ezüstkészlet több mint ötöde Peruban található, és csupán további három országban, Ausztráliában, Lengyelországban, és Chilében koncentrálódik az összes mennyiség majd kétharmad része. A szűkösségre átmeneti megoldást jelenthet az ezüst különféle ötvözetekkel való pótlása (Sykora, A. 2010), illetve – a kevésbé hatékony vezető – rézzel való helyettesítése. A szilícium alapú napelemeknél a réz egyelőre jelentősen csökkenti a cellák élettartamát, és bonyolítja a cellagyártás folyamatát. Ugyanakkor az alacsonyabb nyersanyagköltség miatt kutatják a lehetőségeket, hiszen akár 10%-ot is zuhanhatnának ezen típusú napelemek árai (Barsch, J. 2011).

Vékonyfilmes napelemek

2011-ben az összes telepített napelem 14%-át a vékonyfilmes napelemek tették ki a világon. Az utóbbi tíz évben jelentős hatékonyságnövekedést értek el a fejlesztők ezeknél a napelemeknél, illetve a nanotechnológiával ötvözött gyártástechnológia révén csökkent az anyagfelhasználás, ezáltal a fogyasztói

ár is. Ez a folyamat valószínűleg jelentősen megnöveli a vékonyfilmes napelemek részesedését 2020-ra, mely akár 38%-os arányt is elérhet az összes napelem értékesítésekből. Az előrejelzések szerint tehát egy tartósan fennálló igény mutatkozik a vékonyfilmes napelemek sokrétű nyersanyagbázisaira. A jelenleg legnépszerűbb vékonyfilmes napelem technológiák (CdTe, CIS, CIGS) olyan félvezető fémeket tartalmaznak, melyek szűkössége útjában állhat a technológiák széleskörű elterjedésének. Ezeket az elemeket – az indiumot, a galliumot, a szelént, a kadmiumot, és a tellúrt – szinte kizárólag csak más bányászati termékek feldolgozása során nyeri ki az iparág, így jelentősen függnek azok világszertei áraitól, és készleteitől (Bleiwas, D. 2010).

A CdTe, azaz kadmium-tellúr technológia 2011-ben a teljes napelem világszertei részesedés 8%-át tette ki, így magasan a legnépszerűbb technológia a vékonyfilmes kategóriában. További elterjedését az Európai Unió 2011-es szabályozása sem hátráltatja, mert ez nem egyelőre vonatkozik a napelemekben való felhasználásra (Harrison, P. 2011). A **kadmiumot** (Cd) döntően csak a cinkkohászat melléktermékeként nyerik ki. Az olcsó nikkell-kadmium akkumulátorok jelentős konkurenciát jelentenek a napelemgyártók számára, ugyanis a kitermelt kadmium 80%-át az akkumulátor iparág használta fel 2008-ban. A fejlettebb konkurens áramtároló technológiák térnyerése ellenére sem várható csökkenés a kadmium felhasználását tekintve az iparágban. A kadmium 2012-es kitermelési volumen melletti műre való vagyona 2035-re fogyna el (USGS 2013). 2012-ben a világtermelés csaknem harmadát Kína adta, ahol nem fordítanak különösebb figyelmet a környezetvédelmi beruházásokra, ezért az eladási árat alacsonyan tudják tartani. A növekvő ütemű gyártás ellenére, a vékonyfilmes CdTe napelem technológiák esetében a kadmium szempontjából nem várható rövidtávon ellátászavar. **Tellúrt** legnagyobb mennyiségben a rézkohászati eljárások során nyernek ki. Alacsony volumenű felhasználásának köszönhetően szintén nem várható ellátás oldali zavar. Készleteit egyelőre nem kutatták alaposan,

így vélhetően jelentős készletek állnak rendelkezésre, akár a 22. évszázadra is juthat belőle (USGS 2013).

A rézre alapozott vékonyfilmes napelemek közül a CIS technológia indiumot és szelént használ fel, míg a CIGS napelemek mindezen felül galliumot is tartalmaznak. Az **indium** főként cinkkohászati melléktermék, a felsoroltak közül a legritkább elem. Pontos adataink nincsenek a tartalékokat illetően, de a cinkérc vagyomból következtetve és a jelenlegi felhasználás mennyiségét tekintve 2020-ig kimerülnének készletei (USGS 2013). Az elmúlt években jelentős mértékben megugrott iránta a kereslet, ami a 2003-ról 2013-ra hatszoros drágulásában jelentkezik. Ennek oka, hogy nemcsak a vékonyfilmes napelemek egyik fő alapanyaga, hanem a manapság oly divatos LCD és plazma kijelzőké is (Bleiwas, D. 2010). A szórakoztató elektronikai iparág a kitermelt indium több mint felét használja fel, és arányainak emelkedésére lehet számítani. Mindez erős konkurenciát teremt ezen vékonyfilmes napelemek számára. A kitermelt indium 58%-a Kínából származik, és csak három további ország, Kanada, Dél-Koreai Köztársaság, illetve Japán rendelkezik egyenként 10%-nyi részesedéssel. Az indium készletek 2007-es adatok alapján csupán 2028-ig lennének elegendőek, de szerencsére a vékonyfilmes napelemek esetében galliummal helyettesíthető (Jacobson, M. Z. - Delucchi, M. A. 2010). A **szelén**, csakúgy, mint a tellúr, javarészt rézkohászati melléktermék. A hozzáférést nem veszélyezteti a Németország és Japán közt megoszló majd kétharmadnyi kitermelési koncentráció, sem a készletek nagysága. A 2013-as évi műre való vagyon alapján következtethető, hogy közel 50 évre elegendő készlettel rendelkezünk (USGS 2013), ugyanakkor jelentős piaci konkurenciát támaszt a szelén napelemekben való alkalmazása kapcsán az üveg-, a gyógyszer- és a műtrágyagyártás is (USGS 2013). További fontos félvezető fém a vékonyfilmes napelem technológia szempontjából a **gallium**. Elsődlegesen a bauxit feldolgozása során, illetve mint cinkkohászati melléktermék nyerik ki (Bleiwas, D. 2010). Mivel jelenleg

nincs nagy kereslet a galliumra, ezért becslések sem készültek arról, hogy mikor szenvedhet e tekintetben szűkösséget az emberiség (USGS 2013).

Többrétegű napelemes cellák

Az úgynevezett többrétegű (multi-junction) napelemek rétegenként felhordott félvezetői a fény különböző hullámhosszú sugárzásait nyelik el, jelentősen nagyobb mennyiséget hasznosítva abból. Laboratóriumi körülmények között kiemelkedő 43,5%-os hatékonyságot értek el 2012-ben, mely több mint duplája a korábban felsorolt napelem típusok ugyanezen tulajdonságainak. Felhasználásukat tekintve jelentőségük a számos lencse és tükör használatával az apró napelem-panelekre koncentrált fényből való elektromos áramtermelésben van. 2020-ra az ilyen típusú napelem rendszerek elterjedésével kapcsolatban 4,7 GW beépített kapacitást prognosztizálnak világszerte (Shahan, Z. 2013).

A gallium, illetve az indium felhasználása ennél a napelem típusnál is jelentős, továbbá a germániumot használja fel az iparág, melyet legfőképp cink-, ólom- és rézkohászati melléktermékként nyernek ki. Ellátási nehézséget jelenthet, hogy a kb. 2030-ig elegendő műre való készletek (USGS 2013) nagyjából fele-fele arányban az Amerikai Egyesült Államok és Kína között oszlanak meg. 2012-ben Kína adta a világtermelés 70%-át (Singh, A. 2013), amely ugyanabban az évben hat hónap leforgása alatt 50%-os áremelkedéshez vezetett a piac szűkössége miatt (USGS 2013). Utolsó fontos elem az **arzén**, mely a gallium-arzenid kristályos félvezető réteg alapanyaga. Kitermelését a jelenlegi műre való vagyonnal 20 évig, a felbecsült réz-, arany- és ólomtartalmak arzéntartalma alapján viszont több mint 250 évig képes fedezni a kitermelés (USGS 2013).

A vékonyfilmes és többrétegű napelemek speciális nyersanyagainak újrahasznosítása, másodnyersanyag forrásai

A felsorolt napelem-technológiák mindegyikénél különösen fontos a másodlagos nyersanyagok jövőbeli igénybevétele, mely jelentősen növelheti a nyersanyagbázis mértékét. Az emelkedő világpiaci áraknak „köszönhetően” az újrahasznosítás drasztikus emelkedésére kell számítanunk a következő években. Az is igaz, hogy jelentős további készletek rejtőznek az eddig értéktelen bányászati melléktermékként számon tartott salakokban, zagyokban is (Bleiwas, D. 2010). A jelenlegi nyersanyagbázis többszörösére növekedne, ha a rézbányászat hulladékait nagyobb arányban finomítanák, illetve a meddőhányókból kinyernék a még fellelhető indiumot, tellúrt és szelént. A szelén esetében még az is szóba jöhet, hogy a – rézbányászat által kinyert koncentrációjánál átlagosan 80-90-szer dúsabb – szénkészletekből is kivonják. Gallium esetében hatalmas mennyiségek találhatóak még világszerte a vörösiszap tározókban (Bleiwas, D. 2010), így Magyarország is jelentős készletek birtokosa. A jelenlegi termelési volumen mellett 2030-ig kimerülő **germánium**, a szénerőművek pernye melléktermékeiben lényegében kimeríthetetlen szintű forrást jelentenek. A felsorolt nyersanyagok újrahasznosítási aránya elenyésző a kadmium újrahasznosítási mutatóival szemben. Az ipar a felhasznált mérgező nehézfémeket, a kadmiumot 20%-ban újrafeldolgozott forrásból nyerte 2008-ban, melynek növekedésére lehet számítani a szigorodó környezetvédelmi intézkedések hatására.

A környezet terhelése a kimeneti oldal szempontjából

Az energetikai rendszer átalakításáról a szennyezés vonatkozásában ma már viszonylag világos és teljes képpel rendelkezünk. Életcikluselemzések sokasága igazolta, hogy a megújuló energiaforrásokra való áttérés radikális mértékben csökkenti a környezet károsítását, ami közvetve az egészségügyi kiadások jelentős csökkenését eredményezi (lásd a 10.2 fejezetet).

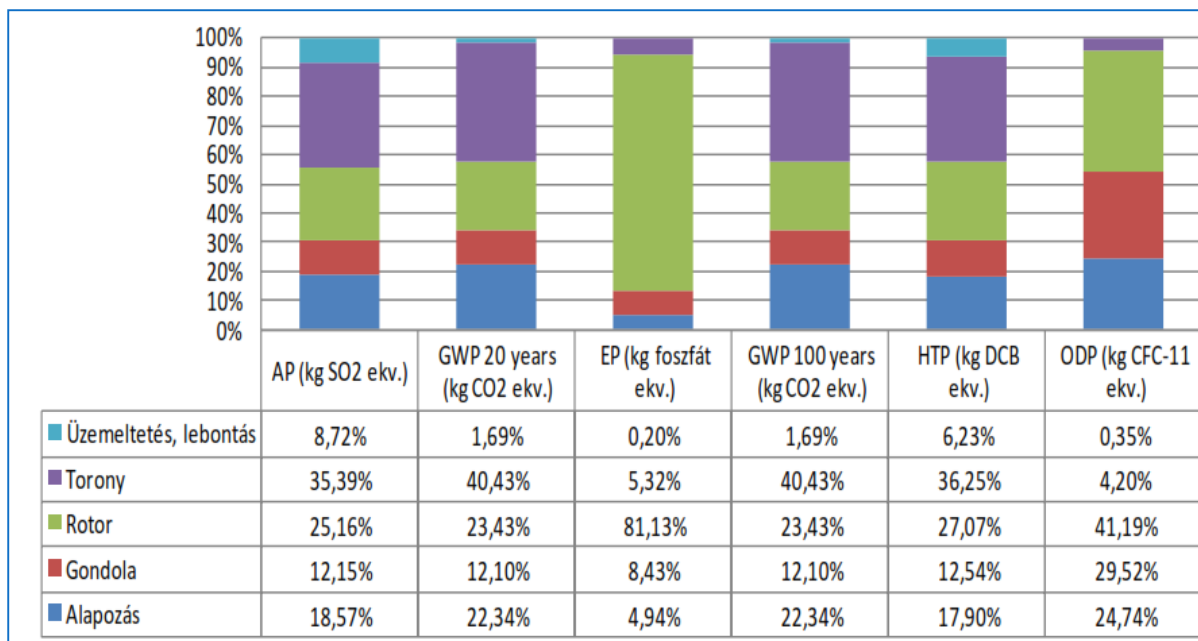
9. táblázat: A szélerőművek alkalmazásával elérhető környezetterhelés csökkenés mértéke a spanyol energiarendszer jelenlegi terheléséhez képest
(Martínez, E. et al. 2009 alapján szerkesztette Munkácsy B.)

KÖRNYEZETI HATÁS	a terhelés mértékének csökkenése %-ban
Éghajlatváltozás (GWP100)	98,76
Sztratoszférikus ózonréteg bontása	96,73
Humán toxicitás	89,26
Édesvizekre gyakorolt toxicitás	94,06
Tengervízre gyakorolt toxicitás	99,34
Szárazföldi környezetre gyakorolt toxicitás	92,68
Szmog	99,24
Környezet savasodása	99,28
Eutrofizáció	97,78

Kérdésként merül fel például, hogy **magyarországi körülmények között** milyen előnyökkel jár az egyes megújuló energiaforrásra alapozott technológiák alkalmazása. Ennek feltérképezésére életciklus vizsgálatokat végeztünk a szélerőművek (Daróczy H. 2010) és az erdőgazdálkodásból származó biomassa (Scheibenhoffer M. 2013) tekintetében.

A szoftveres elemzés eredményei rávilágítanak arra, hogy a **szélerőművek** környezeti hatása azok gyártása során nagyobb, az üzemeltetés és lebontás környezeti terhelése **hazai körülményeket** figyelembe véve is elenyésző mértékű. A vizsgálat többek között az alábbi szempontokra terjedt ki:

- savasodási potenciál (Acidification Potential – AP);
- globális felmelegedési potenciál (Global Warming Potential – GWP) – 20 és 100 éves időtávban;
- eutrofizációs potenciál (Eutrophication Potential – EP);
- az emberi egészségre gyakorolt potenciális hatás (Human Toxicity Potential – HTP);
- sztratoszférikus ózonréteg vékonyodásának potenciálja (Ozone Depletion Potential – ODP).



80. ábra Az ácsi 2 MW-os Vestas V-90 típusú szélérőmű életciklus-elemzésének egyik részeredménye a kibocsátási oldal tekintetében (Daróczy H. 2010). Az ábra csak az életciklus egyes lépéseinek összevetését célozza, az egyes környezeti terhelések egymáshoz viszonyított súlyának bemutatására nem alkalmas.

Az életciklusvizsgálat azt is alátámasztja, hogy a hazai szélklíma alatt működő szélérőművek egységnyi megtermelt villamos áramra vetített **üvegházgáz-kibocsátása** a teljes életciklust figyelembe véve **7,15 g/kWh** (Daróczy H. 2010) – ennek legnagyobb része (40%), a torony acélszerkezetének legyártásához kapcsolódott. A 7,15 g/kWh végső érték **egy nagyságrenddel kisebb**, mint a Sovacool, B. K. (2008) által – 103 ebben a témában publikált tudományos jelentés eredményeinek összevetésével – az atomerőművekre kalkulált érték (66,1 g/kWh). Ez utóbbi ráadásul a bányászat egyre növekvő energiatétele miatt folyamatosan növekvő érték, újabb **független számítások** éppen az uránérc uránkoncentrációjának függvényében már **84-130 gCO₂/kWh** (0,13% U-koncentrációnál), illetve **98-144 gCO₂/kWh** (0,05% U-koncentrációnál) emissziót határoznak meg (van Leeuwen, J. W. S. 2012).

Látni kell azonban, hogy a nukleáris energiatermelés legfőbb környezeti terhelése korántsem a légszennyezés, hanem a **radioaktív hulladékok keletkezése, amelyre a mai napig nem talált megnyugtató, valódi megoldást az emberiség!**

A **biomassza** kapcsán az energetikai szempontból legkevésbé kedvező **mesterséges felújítás** lehetőségét vettük alapul. Az így nevelt bükkerdőből származó **biomassza** kapcsán végzett számítások kedvező eredményeket adtak. Elsősorban a lokális, 30 km-es távolságon belül történő háztartási tűzifafelhasználás **teljes energetikai hatékonyságára** és ebből fakadó környezeti hatásaira nézve születtek kiemelkedően jó értékek. Energetikai szempontból igen lényeges, hogy az életciklus során befektetett energia több

mint 30-szorosa nyerhető ki háztartási léptékű hasábfűtővel (Scheibenhoffer M. 2013). Azt is hangsúlyozni kell, hogy a bükkerdő esetében sokkal elterjedtebb **természetes felújítással** kalkulálva ennél lényegesen jobb eredmények adódnak, hiszen ott nem kell az ültetés és a többszöri erdőápolás energiafelhasználásával és környezeti terhelésével számolni. A témában további új kutatási eredményekkel is szeretnénk szolgálni, vizsgálódásainkat az energetikai ültetvények és energiaerdők tárgykörére kiterjesztve.

A fenti elemzések további részeredményeit összefoglalva igazolást nyert, hogy hazai körülmények között is igaz, hogy a konkurens technológiákkal

összevetésben a megújuló alapú megoldások, ezen belül is a lokális léptékű alkalmazások jellemezhetők a legkisebb környezeti terheléssel. Lényeges hangsúlyozni, hogy a megújuló energiaforrások alkalmazása is jár környezeti terheléssel, ám ez az esetleges káros hatásokra is fókuszáló területi tervezés segítségével radikálisan csökkenthető. Számos egyéb indok (munkahelyteremtés, terülefejlesztés, importfüggőség csökkentése) mellett ez is indokolja az energetikai irányváltás szükségességét.

10. táblázat: Mesterségesen felújított bükkerdő teljes életciklusára vetített energiafelhasználási mutatói különböző hasznosításokat feltételezve
(Scheibenhoffer M. 2013. alapján szerkesztette Munkácsy B.)

Felhasználás módja	Felhasználás hatásfoka (%)	Befektetett és kinyert energia aránya (EROEI)
50 km távolságban lévő erdőműben felhasználva (kogenerációban nyert hőenergia)	35	7,98
50 km távolságban lévő erdőműben felhasználva (kogenerációban nyert villamos energia)	11	2,49
A kitermelés 30 km-es körzetében háztartások fűtésére felhasználva (hőenergia)	70	32,36
Pellet készítés (50 km-es távolságban) és lokális hasznosítás (hőenergia)	85	9,57

Felhasznált irodalom

Bartsch, J. (2011): Copper Metallization for Silicon Solar Cells. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, Freiburg, Németország. 2 p.

BIR (2013): World Steel Recycling in Figures 2008-2012. Bureau of International Recycling. <http://www.bir.org/assets/Documents/publications/brochures/7587Ferro usReport2013.pdf>

Bleiwas, D. I. (2010): Byproduct Mineral Commodities Used for the Production of Photovoltaic Cells. USGS. 29 p.

Bödeker, J. M. – Bauer, M. – Pehnt, M. (2010): Aluminium and Renewable Energy Systems – Prospects for the Sustainable Generation of Electricity and Heat. – IFEU, Heidelberg, Németország. 110 p.

Cho, R. (2012): Rare Earth Metals: Will We Have Enough? <http://blogs.ei.columbia.edu/2012/09/19/rare-earth-metals-will-we-have-enough/>

Daróczi H. (2010): Egy hazai erőmű életciklus-elemzése az ácsi vestas V90 2,0 MW típusú szélerőmű alapján. Szakdolgozat. ELTE, 76 p.

ECI (2010): Key figures from ICSG annual report on worldwide usage and recycling of copper — Europe leads the World in copper recycling. – European Copper Institute. 3p.

Falconer, I. K. (2009): Metals Required for the UK's Low Carbon Energy System: The case of copper usage in wind farms.— Exeter, Nagy-Britannia. 99 p.

Garrett, P.– Rønde, K. (2012): Life Cycle Assessment of Electricity Production from an onshore V90-3.0MW Wind Plant. Vestas Wind Systems A/S, Aarhus. 106 p.

Goonan, T. G. (2011): Rare Earth Elements—End Use and Recyclability. USGS. 22 p.

Harrison, P. (2011): Solar panels win reprieve in EU toxic substance ban. <http://www.reuters.com/article/2011/05/27/eu-toxics-idAFLDE74Q0QP20110527>

ISRI (2012): ISRI Scrap Yearbook 2012 — Institute of Scrap Recycling Industries. 49 p.

Jacobson, M. Z. — Delucchi, M. A. (2010): Providing all global energy with wind, water, and solar power, Part I: Technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure, and materials. Department of Civil and Environmental Engineering, Stanford, Amerikai Egyesült Államok. 26 p.

Johnson, J.– Reck, B.K.– Wang, T.– Graedel T. E. (2006): The energy benefit of stainless steel recycling. Program in Environmental Engineering, New Haven, Amerikai Egyesült Államok. 12 p.

Laherrère, J. (2010): Copper Peak. <http://www.resilience.org/stories/2010-03-31/copper-peak>

van Leeuwen, J. W. S. (2012): Nuclear power, energy security and CO₂ emission. 79 p. <http://www.stormsmith.nl/Media/downloads/nuclearEsecurCO2.pdf>

Lifton, J. (2012): The Only Five Rare Earth Elements that Matter. <http://www.theaureport.com/pub/na/13618>

Martínez, E. – Sanz, F. – Pellegrini, P. – Jiménez, E. – Blanco, J. (2009): Life-cycle assessment of a 2-MW rated power wind turbine: CML method. In: Int J Life Cycle Assess 14. pp. 52–63

Munkácsy B. (szerk.) (2012): Erre van előre! Egy fenntartható energiarendszer keretei Magyarországon Vision 2040 Hungary 1.0. – Környezeti Nevelési Hálózat Országos Egyesület, Szigetszentmiklós. 155 p.

OECD (2010): Critical Metals and Mobile Devices. – Global Forum On Environment Focusing on Sustainable Materials Management. – Mechelen, Belgium. 66 p.

Shahan, Z. (2013): CPV Market To Hit 4.7 GW By 2020 (GlobalData Report) <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=cpv-market-to-hit-47-gw-by-2020-glo-2013-04>

Singh, A. (2013): Global and China Germanium Market Study 2012-2015 <http://chinamarketreports.blogspot.hu/2013/03/global-and-china-germanium-market-study.html>

Sovacool, B. K. (2008): Valuing the greenhouse gas emissions from nuclear power: A critical survey. In: Energy Policy 36 pp. 2940-2953

St. John, J. (2013): Eos Puts Its Zinc-Air Grid Batteries to the Test With ConEd. <http://www.greentechmedia.com/articles/read/eos-puts-its-zinc-air-grid-batteries-to-test-with-coned>

Sykora, A. (2010): Rising Solar-Panel Generation Means Increasing Industrial Demand For Silver. http://www.kitco.com/reports/KitcoNews20101119AS_silver.html

USGS (2012): 2010 Minerals Yearbook — Recycling – Metals [Advance Release] <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/recycle/myb1-2010-recyc.pdf>

USGS (2013): Minerals Yearbook. <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/myb/>

Van Vuure, W. A. (2008): Natural Fibre Composites; Recent Developments Technological Advisor Composite Materials Sarris and Composite Materials Group (CMG) Department MTM, Leuven, 5 p.

West, L. (2009): The Benefits of Metal Recycling: Why Recycle Metal? <http://environment.about.com/od/recycling/a/metal-recycling.htm>

Zipp, K. (2012): Study Says Solar Uses More Copper than Fossil Fuels. <http://www.solarpowerworldonline.com/2012/07/study-says-solar-uses-more-copper-than-fossil-fuels/>

A kötet elkészítésében közreműködtek:

Dr. Ballabás Gábor PhD

terület- és településfejlesztő geográfus; földrajz és történelem szakos tanár

Csoma Tamás

Földrajz BSc (terület és településfejlesztő szakirány); humánökológia szakos MSc-hallgató

Dallos Emília Bernadett

okleveles környezetkutató

Ertsey Attila

DLA; okleveles építészmérnök

Fajzi György

pszichológus; műszaki tanár

Dr. Fodor Bea Emőke PhD

okleveles közgazdász

Harmat Ádám

okleveles geográfus (terület- és településfejlesztő szakirány); megújuló energetikai szakértő; doktorandusz hallgató

Juhász Csaba

Földrajz BSc-hallgató (környezetföldrajz szakirány)

Kádár József

okleveles környezetkutató (környezetfizika szakirány), doktorandusz hallgató

Kertész Dávid

okleveles környezetkutató

Dr. Kohlheb Norbert PhD

okleveles agrármérnök

Kovács Krisztina

Földrajz BSc (környezetföldrajz szakirány)

Meleg Dániel

okleveles geográfus (regionális elemző szakirány)

Dr. Munkácsy Béla PhD

okleveles környezetmenedzser; földrajz és biológia szakos tanár

Sáfián Fanni

okleveles geográfus (környezetkutató szakirány); doktorandusz hallgató

Szabó Dániel

okleveles geográfus (regionális elemző szakirány)

Tunyogi Bendegúz

földrajz BSc (terület- és településfejlesztő szakirány)