

# Észak-magyarországi Stratégiai Füzetek

*regionális kutatási periodikus kiadvány, az észak-magyarországi regionális fejlesztés szakmai folyóirata*

*Megjelenik félévenként az MTA Regionális Kutatások Központja, a Miskolci Egyetem Regionális Gazdaságtan Tanszék, az Észak-magyarországi Regionális Fejlesztési Ügynökség Kht. és a Borsod-Abaúj-Zemplén megyei Kereskedelmi- és Iparkamara támogatásával*

III. évfolyam 2.szám

*Felelős kiadó:*

Horváth Gyula főigazgató,  
MTA Regionális Kutatások Központja, Pécs

*Főszerkesztő:*

Dr. G.Fekete Éva

*A szerkesztő bizottság tagjai:*

Bihall Tamás

Francics László

Dr. Kocziszky György

*Szerkesztőség:*

MTA Regionális Kutatások Központja

Észak-magyarországi Osztály, Miskolc

3525. Miskolc, Déryné u. 9.

Telefon/fax: (46) 509-033

E-mail: gfekete@rkk.hu

*Rovatfelelősök:*

*Tanulmány:* Zsúgyel János

*Műhely:* Pfliegler Péter

*Ténykép:* Solymári Gábor

*Szakirodalmi figyelő:* Baksa Sára

*Technikai szerkesztő:*

Baksa Sára

*Nyomdai munkák és borítóterv:*

Bíbor Kiadó

REDON Nyomda és Kiadó

ISSN 1786-1594

## Ajánlás

A Földön élünk és a természeti erőforrásokat kihasználva a „Földből élünk”, ezért környezetünk védelme a Földünkért érzett morális kötelezettségen túl az emberiség jövőjéért érzett felelőségünk alapja kell legyen. „Az ember beavatkozhat a Világba, azonban nem mint valamennyi földi Élet Uralkodója, hanem mint Világ Partner - ereje, kreativitása (Homo faber) miatt felelős minden életért” (prof. H. Brauer nyomán). Évezredekken át használtuk, kihasználtuk a természeti környezet adta lehetőségeket nem gondoltunk a korlátlan és meggondolatlan cselekedeteink jövőbeni hatásaira, a jövő generációjára. A most kialakult helyzetet is csak mi tudjuk megváltóztatni, a kedvezőtlen hatásokat megállítani, ha lehet még visszafordítani. „Csak az ember képes a dinamikusan változó világban valamennyi Élet egyensúlyát megőrizni. Ez az alkotó ember kötelessége (Homo morales)” (prof. H. Brauer nyomán). Az Észak-magyarországi régióban a környezetvédelmi problémák talán még halmozottabban megtapasztalhatók. A bányászat és kohászat, az energetika, a vegyipar mind-mind itt hagyta nyomát, káros hatásait ebben a térségben, amelynek felszámolása a mi kötelességünk. Mi kell ahhoz, hogy jövőnket megalapozandó élhető környezetet tudjunk kialakítani, a létrejött környezeti károkat meg tudjuk szüntetni, a területeket rehabilitáljuk, revitalizáljuk. Ehhez alapvetően három dologra van szükségünk:

- Környezettudatos magatartás, mérsékletesség és alázat környezetünk iránt.
- Tudás, szakmai ismeret, a természeti törvények megismerése és figyelembe vétele.
- Pénz, akarat és elszántság.

A három dolog közül a környezettudatos magatartás kialakítása közös feladatunk, a tudás, szakmai ismeret megszerzése és átadása az egyetem feladata. Ezen a területen vállaljuk kötelezettségeinket, hazai és nemzetközi együttműködéssel segítjük a jövő vezető szakembereinek felkészítését, az észak-magyarországi régió fejlődését. A szükséges pénz helyes célok érdekében megszerezhető. Az akarat és a szándék talán még nem olyan erős, ami kell a sikerhez. Közös feladatunk ezen a területen is az összefogás. Ezt az összefogást ebben a régióban talán nehezebb ma megteremteni, mint máshol, hiszen a társadalmi és gazdasági problémák elvonják figyelmünket, megosztják gondolatainkat, cselekedeteinket. A fenntartható fejlődés, a fenntartható természeti erőforrásgazdálkodás feltételeinek megteremtésével megalapozhatjuk a jövő generációjának jobb életkörülményeit. Cselekedjünk, tegyünk érte!

Miskolc, 2006. november

Dr. Böhm József

## Tartalomjegyzék

<b>Tanulmányok</b>	<b>3</b>
<i>Sallai Ferenc:</i>	3
A Sajó vízminősége, hosszú távú védelme	17
<i>Lénárt László:</i>	29
A Bükk-térség karsztvízpotenciálja – A hosszú távú hasznosíthatóságának környezetvédelmi feladatai	29
<i>Buócz Zoltán:</i>	42
Ásványi nyersanyagtermelés és környezeti hatásai Észak-Magyarországon	42
<i>Takács János – Sallai Ferenc – Lipták Miklós:</i>	60
Javaslatok a kommunális szennyvíztisztítás és a szennyvíziszap kezelés fejlesztésére	60
<i>Szabó Imre – Szabó Attila – Farkasné Czel Ivett:</i>	79
A hulladéklerakók helyzete Észak-Magyarországon, a rekurzíváció műszaki megoldásai	79
<i>Csóke Barnabás – Bóhm József:</i>	106
Regionális hulladékgazdálkodási feladatok Észak-Magyarországon	106
<i>Gyulai Iván:</i>	127
Fejlesztéspolitika, biomassza, fenntarthatóság	127
<i>Karajz Sándor:</i>	143
Egy sajátos környezet-gazdaságtani modell	143
<b>Ténykép</b>	<b>143</b>
<i>Seresné Hartai Éva – Földessy János – Zelenka Tibor:</i>	143
A Telkibányai nemesfémbányászat környezeti hatásainak vizsgálata	143
<b>Műhely</b>	<b>151</b>
<i>Pintér István:</i>	151
Hatósági és szakigazgatási feladatok a régió környezeti állapotának megőrzésében és javításában	151
<i>Bóhm József:</i>	168
Környezetvédelmi oktatás és kutatás a Miskolci Egyetemen	168
<i>Bakos István:</i>	176
PhD disszertáció védések a Miskolci Egyetem Gazdaságtudományi Karán	176
<i>Győrffy Ildikó:</i>	177
Területfejlesztő hallgatók államvizsgái a Miskolci Egyetem Gazdaságtudományi Karán a 2005/2006 tanévben	177
<i>Baksa Sára:</i>	180
Az Eszterházy Károly Főiskola gazdálkodási szakán terület- és településfejlesztési témában szakdolgozatot készítő hallgatók 2005/2006 tanévben	180
<b>Angol nyelvű összefoglalók / Summaries</b>	<b>182</b>

# Tanulmányok

Sallai Ferenc

## A Sajó vízminősége, hosszú távú védelme

A rendszerváltásig eltelt négy évtizedben Borsod-Abaúj-Zemplén megyét, ezen belül is elsősorban a Sajó-völgyét a nehézipar hegemoniája jellemezte. Az '50-es évek ipartelepítésére általánosan jellemző volt a magas fajlagos anyag- és energiafelhasználás, mely pazarló vízhasználattal, aránytalanul nagy hulladéktermeléssel és szennyező anyag emisszióval párosult. Ilyen körülmények között egyes vízfolyások olyannyira elszennyeződtek, hogy azok többcélú felhasználásra alkalmatlanná váltak.

A Sajó az az állatorvosi ló, amelyen az elmúlt évtizedek vízszennyezéseinek valamennyi tünete jól tanulmányozható. A Sajó demonstratív vízfolyás ma is, de már nem az akut (pl.: cianid), vagy a krónikus (pl.: nehézfém) szennyezés tüneteit, hanem a gyógyulás egyértelmű jeleit mutatja. Hogy milyen stációkon ment keresztül ez a jobb sorsra érdemes folyó, az elmúlt 30 év vízvizsgálati eredményeinek változása, a vízi ökoszisztéma állapota és a fenékiszap nehézfém tartalma jelzi.

## A Sajó vízgyűjtője, hidrológiája

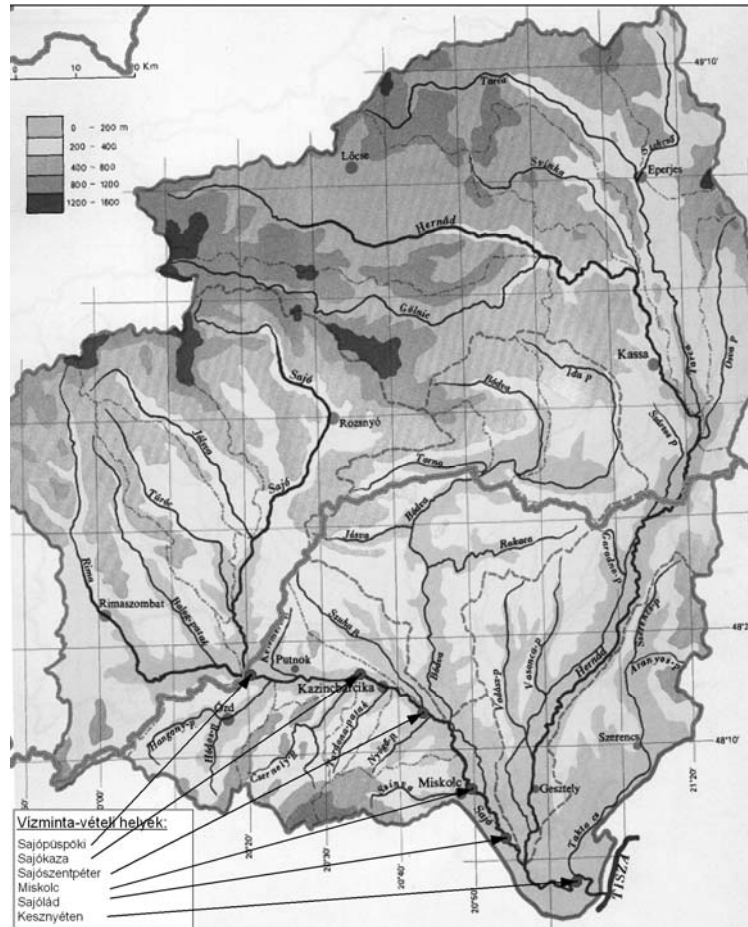
A Sajó a Szlovákiai Érchegységben 1300 m B.f. magasságban a Királyhegyből ered. Vízgyűjtője a Kárpát-medence északi részén a Dunajec, a Bodrog, a Tisza, az Eger, a Zagyva, az Ipoly, a Garam, a Vág vízválasztója által közrezárt terület (1.ábra). Nagysága 12.708 km<sup>2</sup>, melynek egyharmada 4214 km<sup>2</sup> esik magyar területre. A folyómeder hossza 223 km, ebből a hazai folyószakasz 131 km. A folyó az országhatárt Sajópüspökinél lépi át és Kesznyéten után torkollik a Tiszába. Jelentősebb hazai mellékvízfolyása a Bódva és a Hernád. A Hernád Ónodnál ömlik a Sajóba, amelynek vízgyűjtőterülete csaknem azonos a Sajóéval. A Sajó  $Q_{aug}$  80 %-os vízhozama 5,7 m<sup>3</sup>/s.

A folyó középszakasz jellegű, meanderező, esése a Hernád torkolatig viszonylag nagy (50-70 cm/km), onnan a torkolatig fokozatosan csökken. Az egységes beágyazott főmeder a Bódva és a Hernád torkolatánál felhalmozott hordalékkúpon bomlik fel és válik sekély mélységűvé. Ennek megfelelően morfológiailag két különböző típusú víztestre különül el. A Bódva torkolattól felfelé *6. típus: dombvidéki, meszes hidrogeokémiai jellegű, durva mederanyagú, nagy vízgyűjtőjű folyó*; a Bódva torkolattól lefelé *13. típus: Síkvidéki, meszes hidrogeokémiai jellegű, durva mederanyagú, nagy vízgyűjtőjű folyó*.

Az ország medence jellegéből adódóan a felszíni vízfolyások tekintetében is tranzit ország vagyunk. A Sajó és mellékvízfolyásai (Bódva, Hernád) vízgyűjtő területének kétharmada szlovák területre esik, így a vízgazdálkodás helyzete alapvetően mind mennyiségi, mind minőségi szempontból döntően a szomszédos (felvízi) országban tett beavatkozásoktól (készletelvonásoktól és szennyezésektől) függenek (1. ábra).

## Ipartelepítések, a folyó elszennyezése

A Sajó az '50-es évek elejéig az ország halban egyik leggazdagabb folyója volt, és mint a Tisza halbölcsőjét tartották számon. Az ötvenes évektől üzemek egész sorát telepítették a folyóvölgybe, Kelet-Szlovákiában épp úgy, mint nálunk.



*1. ábra: A Sajó-folyó vízgyűjtő területe*  
*Forrás: Vízrajzi atlaszból saját szerkesztés*

Ózdtól Tiszaújvárosig két nagy vaskohászat, két vegyipari üzem, gépgyár, drótygyár, papírgyár, üvegyár, hőerőmű, szénmosó, (hogy csak a legnagyobbakat említsük) vezette nem vagy alig tisztított szennyvizeit a Sajóba. Ózdról a Hangony-patak közvetítésével magas olaj és vasre, Kazincbarcika térségében magas só, ammónia és higanytartalmú szennyvíz mellett jelentős lebegőanyag és hő-szennyezés is érte a folyót. A Bábony-patakon keresztül szerves vegyipari eredetű és kadmium szennyezések jutottak a Sajóba, melyhez Miskolc térségében vaskohászati és gépgyári olajos, a drótygyári galván jellegű valamint papírgyári szennyvizek társultak.

A nagyarányú ipari fejlődés addig soha nem tapasztalt városiasodással járt együtt. A vízigények ugrásszerű növekedésével sem a szennyvízcsatornázás, sem a szennyvíztisztítás nem tudott lépést tartani. Nyílt a közműöllő. Miskolc kommunális szennyvizei például a kilencvenes évek közepéig biológiai tisztítás nélkül kerültek bevezetésre a folyóba, melynek mennyisége a '80-as években megközelítette a napi 100 ezer köbmétert.

A Sajó ilyen körülmények között rövid agonizálás után szinte a teljes hazai szakaszon „holt” vízzé vált. A folyó Európa egyik legszennyezettebb vízfolyása lett.

### Vízminőségi hossz-szelvény vizsgálat (1974)

Hogy mennyire nem túlzóak ezek megállapítások, vizsgálatok támasztják alá. Egy 1974-ben (WHO segítségével) elvégzett vízszál-követéses vízminőségi hossz-szelvény vizsgálat alkalmával például a határszelvényt átlépő víz oldott oxigén tartalma nulla volt, és az Sajócecegig, a Bódvápatak torkolatáig nem változott. A Bódva hígító hatására az oxigén koncentráció ugyan 3,0 mg/l érték közelébe emelkedett, de Miskolcnál az erősen szennyezett Szinva befolyásánál ismét jelentősen csökkent. Számottevő javulás csak a Hernád befolyásánál következett be. Azonban a torkolati szakaszon még így is csak alig 5 mg/l koncentrációt ért el.

A határszelvényben a víz *dikromátos oxigénfogyasztással (KOIcr)* jellemezhető *szerves szennyezettsége* megközelítette a 300 mg/l értéket, ami megfelel egy közepesen szennyezett nyers kommunális szennyvíznek. A szerves szennyezettség csak a Bódva befolyása után csökkent számottevően, miután a víz oldott oxigén tartalma elérte a 2-3 mg/l körüli értéket. A javuló tendenciát Miskolc térségében, az erősen szennyezett Szinva visszavetette. Az öntisztulási folyamatok, és a Hernád hígító hatása együtt eredményezte, hogy a KOI a torkolatig 40 mg/l körüli értékre csökkent.

Az *ammónium ion* koncentráció a határszelvényben 7 mg/l volt, amely Kazincbarcikánál a BVK műtrágyagyári szennyvizeinek hatására 22 mg/l fölé emelkedett. A vizet ezen kívül magas sótartalom (600-900 mg/l), lignin-szulfonsav tartalom és rostos lebegőanyag tartalom jellemezte. A Sajó ilyen mértékű szennyezettségét elsősorban a Gömörhorkai Papírgyár (szlovákia) szennyvizei okozták, melyet a már említett hazai ipari szennyezések még tovább fokozták.

A Sajó vízminőségében először a '80-as években észleltünk jelentősebb javulást a vízminőségi beavatkozások (szennyvíztisztítók építése, ipari technológiák korszerűsítése stb.) hatására, melyet a magasabb rendű élő szervezetek, a halak elszaporodása is jelzett.

A folyó hazai szakaszának vízminőségét elsősorban a határszelvénybe érkező víz minősége határozza meg. Ez igazolódott be, amikor 1990. decemberében a papírgyár leállítását követően szinte egyik napról a másikra ugrásszerű javulás következett be. A határszelvénybe érkező víz minősége ettől az időponttól a jellemző vízminőségi mutatók többségénél tartósan kedvező (I-II-III. o.) állapotot mutatott.

Ebben az időszakban a hazai ipari üzemek többségére is a gyors leépülés volt jellemző. A korábbi szennyező iparágak fokozatosan megszűntek. Amelyek talpon maradtak szennyezőanyag kibocsátásukat azok is jelentősen csökkentették.

### A Sajó vízminőség-változása (1975-2005)

A Sajó vízminőségének rendszeres vizsgálata a hatvanas évek elején kezdődött. 1990-től a felszíni vizek monitorozását az Észak-magyarországi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség végzi jól felszerelt, akkreditált laboratóriummal az ún. törzshálózati vizsgálatok keretében. Az adatok 1975-től elektronikus adatrögzítőn vannak tárolva.

#### *Vizsgálati és értékelési módszer*

A vizsgálatok az 1994. január 1-jén hatályba lépett „Felszíni vizek minősége, minőségi jellemzők és minősítés” című MSZ 12 749 szabvány alapján történik. A szabvány a vizsgált komponenseket mutatócsoportokba sorolja: A: oxigénháztartási jellemzők; B: tápanyagháztartási jellemzők; C: mikrobiológiai jellemzők; D: mikroszennyezők és toxicitás; (D1: szerves mikroszennyezők; D2: szerves mikroszennyezők; D3: toxicitás; D4: radioaktivitás); E: egyéb jellemzők.

Minden egyes vízminőségi komponens éves adatsorát külön-külön kell értékelni a 90 %-os összegzett relatív gyakoriságú érték alapján. A szabvány öt vízminőségi osztályt különböztet meg: *I. osztály: kiváló víz; II. osztály: jó víz; III. osztály: tűrhető víz; IV. osztály: szennyezett víz;*

*V. osztály: erősen szennyezett víz.* A szabvány a Sajó folyón törzshálózati mintavételi helyként a folyó 6 szelvényét: Sajópüspöki-, Sajókaza-, Sajószentpéter-, Miskolc-, Sajólád- és Kesznyéten közötti hid szelvényét jelölte ki. A mintavételek gyakoriságát évi 52-szeri (hetenkénti) alkalomban állapította meg.

A Sajó vízminőségének részletes kiértékelését egységesen a jelenleg érvényes szabvány alapján végeztem el három (Sajópüspöki, Sajószentpéter és Sajólád) szelvényre, melyek jól reprezentálják a folyó hazai szakaszának vízminőség változását.

### **A vízminőség Sajópüspökinél**

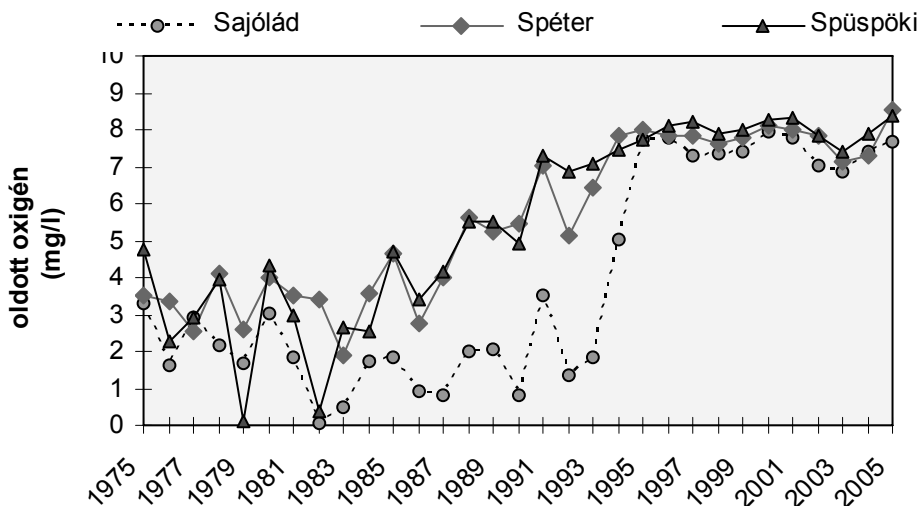
#### *Oxigénháztartási mutatók*

Az *oldott oxigén tartalom* és *oxigén telítettség* tekintetében 1986 előtt szennyezett, erősen szennyezett (IV-V. o.) volt a Sajó, általában 2-4 mg/l éves koncentrációk voltak jellemzőek, de nullához közelítő értékek is előfordultak. 1986-tól folyamatos javulás figyelhető meg (III. o.), majd 1990. december végétől, a Gömörhorkai Papírgyár leállítását követően folyamatosan kiváló (I. o.), volt a vízminőség (7-9 mg/l). (2. ábra)

A *biokémiai oxigénigény* (BOI<sub>5</sub>) alapján a folyó 1990-ig erősen szennyezett volt. Ezt követően tűrhető (III. o.), majd 1995-től a biológiailag könnyen bontható szerves szennyezőanyag tartalom 6 mg/l alá csökkent, amely alapján jó minőségű (II. o.) lett.

A *permanganátos oxigénfogyasztás* (KOI<sub>ps</sub>) tekintetében 1990-ig a folyó erősen szennyezett (V. o.) volt, a biológiailag bontható szerves anyag tartalom 50-100 mg/l között változott. 1991-től jelentős javulás volt megfigyelhető, a vízminőség jó és tűrhető (II-III. o.) értékek (10-22 mg/l) között változott.

A *dikromátos oxigénfogyasztás* (KOI<sub>d</sub>) értékei 1990-ig 100-250 mg/l között változtak (V.o.), ezt követően a 20 – 30 mg/l körüli koncentrációk már jó és tűrhető vízminőséget jeleztek (3. ábra).



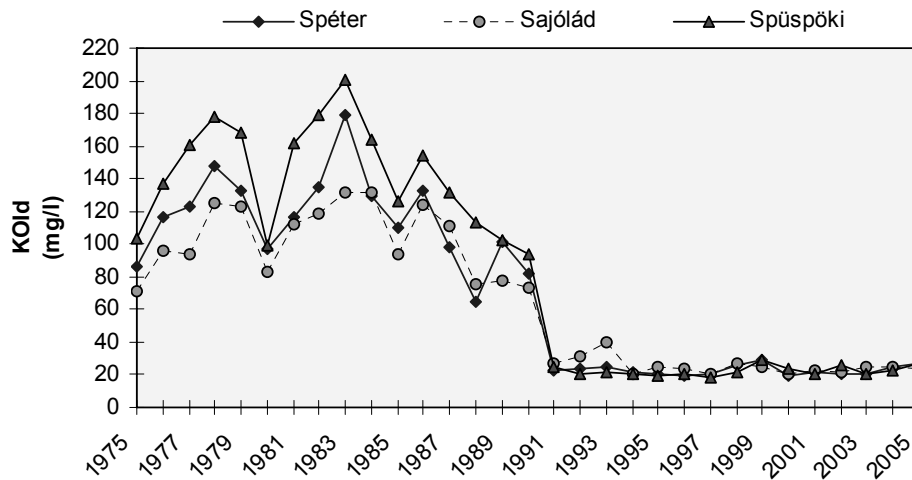
2. ábra: A Sajó oldott oxigén tartalmának változása (1975 – 2005)

Forrás: saját szerkesztés

A *szaprobítási index* értékei is hasonlóan alakultak, 1991-ig folyamatosan szennyezett (IV. o.) értéket mutatott, majd ezt követően tűrhető (III. o.) lett.

Az oxigénháztartási mutatók egészét figyelembe véve megállapítható, hogy a 80-as évek közepétől javulás volt tapasztalható a határszelvényben. 1990 végétől viszont a változás

ugrásszerűen, egyik napról a másikra következett be. A javulás az eltelt 15 évben is tovább folytatódott.

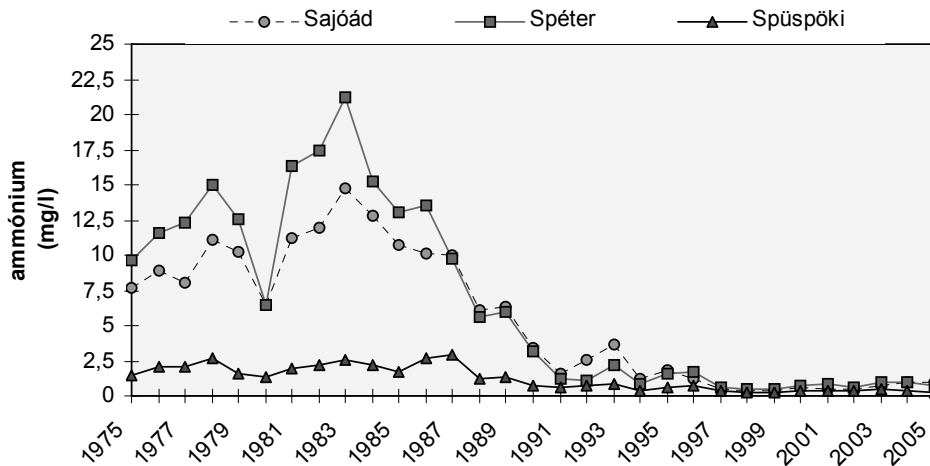


3. ábra: A Sajó kémiai oxigénigényének változása (1975 – 2005)

Forrás: saját szerkesztés

#### Tápanyag-háztartási mutatók

Az ammónium ion ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ) tekintetében a határszelvénybe érkező víz 1989-ig IV-V. osztályú volt (1,5-3,0 mg/l). 1990-től 1995-ig tűrhető (III. o.), az ezt követő tíz évben már folyamatosan II. osztályú, jó minőségű volt (4. ábra).



4. ábra: A Sajó ammónium ion tartalmának változása (1975 – 2005)

Forrás: saját szerkesztés

A nitrit ion ( $\text{NO}_2^{2-}\text{-N}$ ) koncentráció alapján (mely friss fekáliás szennyeződésre utal) 1993-ig folyamatosan szennyezett (IV. o.) volt a Sajó, majd 1994-től csaknem folyamatosan tűrhető (III. o.).

A nitrát ion ( $\text{NO}_3^-$ -N) koncentrációja a Sajóban mindig alacsony volt (1-5 mg/l), ami II. osztálynak, jó vízminőségnek felelt meg.

Az ortofoszfát ion ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) koncentrációi 1993-ig III-IV. osztálynak feleltek meg, ezt követően viszont folyamatosan III. osztályú vízminőséget jeleztek. Ez azt mutatja, hogy a foszfátszennyezés döntően kommunális szennyvíz bevezetésekből és mezőgazdasági bemosódásokból származik, az ipari termelés visszaesése itt nem eredményezett ugrásszerű változást (5. ábra).

A klorofill-a tartalmat csak 1989-től vizsgálják. Ennek alapján I-II. osztályú, alacsony trofitási szintet mutatott.

#### Mikrobiológia

A Sajó mikrobiológiai értékelése a *coliform-szám* alapján történik, 1994-től. A Sajó ennek alapján folyamatosan szennyezett (IV. o.). Ez azt mutatja, hogy a Sajót már a határon túl jelentős fekáliás szennyvíz-szennyeződés éri.

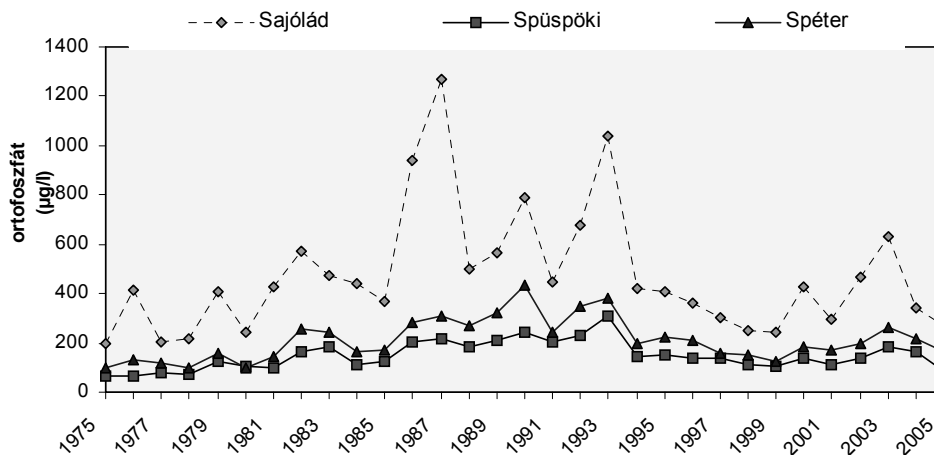
#### Szerves- és szervesetlen mikroszennyezők

Az olaj szennyezők tekintetében a Sajó 1988-ig folyamatosan erősen szennyezett volt, koncentrációja többszörösen meghaladta az V. osztály (250  $\mu\text{g/l}$ ) határértékét. 1988-1994. között még mindig magas (100 – 200  $\mu\text{g/l}$ ) volt az olaj koncentrációja (IV. o.). 1995-től viszont jelentős javulás következettbe (II-III. o.), az olaj tartalom 100  $\mu\text{g/l}$  alá csökkent (6. ábra).

A fenolok alapján a folyó 1990-ig III. osztályú volt. 1990-től gyakorlatilag megszűnt a fenol szennyeződés.

Az *ANA detergens* (tenzidiek) szempontjából a folyó folyamatosan I. osztályú.

A szervesetlen mikroszennyezők (fémek) rendszeres vizsgálata 1994-től kezdődött. Az oldott cink tartalom alapján a víz minősége szinte folyamatosan szennyezett (IV. o.), az oldott alumínium tartalom alapján általában tűrhető (III. o.), míg a többi vizsgált nehézfém (Hg, Cd, Cr, Ni, Pb, Cu) tekintetében I. osztályú volt a vízminőség.



5. ábra: A Sajó ortofoszfát ion tartalmának változása (1975 – 2005)

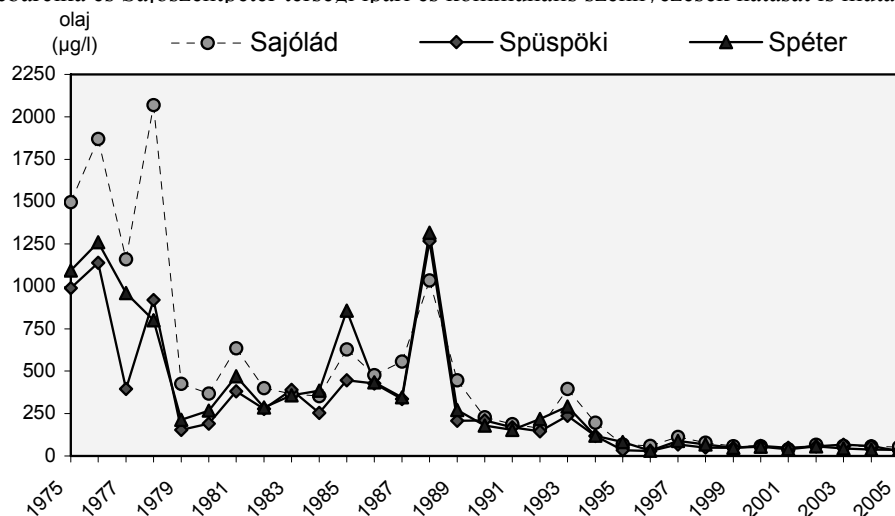
Forrás: saját szerkesztés

#### Egyéb paraméterek

Egyéb paraméterek közül a pH és a vezetőképesség alapján a vízminőség folyamatosan I-II. osztályú, oldott vas és a mangán tartalom alapján 1993-ig IV-V osztályú, majd 1994-től jelentős javulás történt (II-III. o.).

### A vízminőség Sajószentpéternél

A Sajószentpéter közúti híd szelvényében végzett vizsgálatok eredményei már az Ózd, Kazincbarcika és Sajószentpéter térségi ipari és kommunális szennyezések hatását is mutatja.



6. ábra: A Sajó olaj tartalmának változása (1975 – 2005)

Forrás: saját szerkesztés

### Oxigénháztartás

Az oxigénháztartás mutatói közül az *oldott oxigén* tartalom 1987-ig - hasonlóan mint a határszelvényben - IV-V. osztálynak felelt meg. Meg kell jegyezni viszont, hogy olyan alacsony oxigén koncentrációk mint a határszelvényben itt nem fordultak elő. 1991-től (egy-egy évtől eltekintve) a vízvizsgálatok itt is kiváló (7-9 mg/l) vízminőséget jeleztek. (2. ábra).

A többi mutató (BOI, KOI) esetében a vízválasztó 1990. Ezt megelőzően IV–V. osztályú volt a víz. Ezt követően jó és tűrhető (II. és III. o.) minőségnek megfelelő koncentrációkat mértek.

A kémiai oxigénigény eredményeit összehasonlítva a határszelvényben mértekkel, a '70-es, '80-as években 30-40 mg/l csökkenés mutatkozott Sajószentpéterig (3. ábra). Mindez jelentős öntisztulásra enged következtetni, sőt a hazai szakaszon bevezetett szennyezőanyag terheléssel is meg tudott birkózni a Sajó. 1991-től a két szelvényben mért értékek között már számottevő különbség nem mutatkozott.

### Tápanyagháztartás

Az *ammónium-ion* ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ) értékek alapján 1990-ig erősen szennyezett (V. o.) volt a víz ebben a szelvényben. 1975-1983 között 10-25 mg/l között változott a folyó ammónium ion koncentrációja. Ezek az értékek a határszelvényhez képest közel 8-10-szeres növekedést mutatnak, amely a BVK-ból elvezetett műtrágyagyári szennyvizek következménye. 1983-tól ugyan folyamatosan és meredeken csökkent a szennyezettség, azonban 1996-ig még szennyezett (IV.o.) volt. Számottevő javulás csak 1997-ben következett be, amikor is a BorsodChem. Rt. nitrogéncsökkentő beruházásainak a hatására jelentős mértékben csökkent a bevezetett szennyvíz ammónium tartalma. Az utóbbi 10 évben az ammónium ion koncentrációk (0,2-0,5 mg/l) már folyamatosan II-III. osztályú vízminőséget mutatnak (4. ábra).

A *nitrit-ion* ( $\text{NO}_2^{2-}\text{-N}$ ) tekintetében lényegében ugyanez mondható el azzal az eltéréssel, hogy itt 1996 után sem mértünk III. osztálynál jobb vízminőséget.

A *nitrát-ion* ( $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ) alapján a vízminőség megegyezik a határszelvényvel, folyamatosan jó (II. o.) minőséget mutat.

Az *ortofoszfát-ion* ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) koncentrációk alapján 1993-ig általában IV. osztályú, ezt követően folyamatosan tűrhető (III. o.) volt a vízminőség.

A *klorofil-a* tartalom a határszelvényhez hasonlóan egy-egy kivételtől eltekintve jó vízminőséget jelez.

A *coliform-szám* ebben a szelvényben korábban is és ma is IV-V. osztályú értéket mutat.

#### *Szerves és szervesetlen mikroszennyezők*

Az *olaj* tartalom alapján 1994-ig itt is szennyezett (IV. o.) volt a víz. 1995-től már javuló III. osztályú.

A *fenolok* alapján a vízminőség megegyezik a határszelvényvel.

A vizsgált *fémek* ebben a szelvényben is többségében I-II. osztályt jeleztek.

#### *Egyéb paraméterek*

A vízminőség az egyéb paraméterek alapján is a határszelvényhez hasonlóan alakult.

*Összegezve:* a jellemző komponensek tekintetében Sajószentpéternél a vízminőség hasonló mint a határszelvényben, kivéve az ammóniumot, melynek koncentrációi Kazincbarcika térségében gyakran a 20 mg/l-t is meghaladták (4. ábra).

#### ***A vízminőség Sajóládnál***

Ebben a szelvényben az összes Sajószentpéter alatti szennyezők hatása érvényesül. A Miskolc térségi ipari üzemek mellett az egyik legjelentősebb szennyező a Miskolc városi szennyvíztisztító.

#### *Oxigénháztartás*

Az *oldott oxigén* tartalom és az *oxigén telítettség* ebben a szelvényben egészen 1994-ig rendkívül alacsony volt (1-3 mg/l). 1994-től, a Miskolc városi szennyvíztisztító biológiai tisztító műtárgyainak üzembe helyezésétől kezdődően jelentősen javult az elvezetett szennyvíz minősége, mind a biológiailag bontható szerves szennyezőanyag, mind a szerves eredetű tápanyagok (KOI, BOI,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_2$ ) tekintetében. 1995-től már 7 mg/l fölé emelkedett az oxigén koncentráció a befogadóban, a vízminőség kiváló. (2. ábra)

A *biokémiai oxigénigény* ( $\text{BOI}_5$ ), a *kálium-permanganátos oxigénfogyasztás* ( $\text{KOI}_{\text{ps}}$ ) és a *kálium-dikromátos oxigénfogyasztás* ( $\text{KOI}_d$ ), *szaprobítás index* tekintetében is a '90-es évek eleje volt a vízváltás. Míg 1991 előtt erősen szennyezett, addig 1994-től már II-III. osztályú volt a Sajó (3. ábra).

#### *Tápanyagháztartás*

Az *ammónium ion* ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ) tartalom 1994-ig igen magas volt. Ez elsősorban a már említett BVK szennyvíz terhelésének volt a hatása. Azt követően viszont már itt is tűrhető volt a vízminőség (4. ábra).

A *nitrit ion* ( $\text{NO}_2^{2-}\text{-N}$ ) tartalmat vizsgálva is hasonlóan rossz eredményeket találunk. 1994-ig erősen szennyezett, szennyezett, 1995-től már tűrhető volt a vízminőség.

A *nitrát-ion* ( $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ) koncentrációja ezen a folyószakaszon is folyamatosan jó minőséget mutat.

A *ortofoszfát-ion* ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) koncentrációja folyamatosan magas (esetenként az 1000  $\mu\text{g/l}$  értéket is meghaladja), a víz erősen szennyezettnek minősül. Ezt nagyobb részben a Miskolc városi szennyvíztisztítóból befolyó szennyvizek okozzák (5. ábra). Ez azt támasztja alá, hogy egy ilyen nagy kapacitású (70 ezer  $\text{m}^3/\text{nap}$ ) szennyvíztisztítónál indokolt a tápanyag eltávolítás (elsősorban a foszfáté, mivel limitáló tényező).

A *klorofil-a* tartalom általában jó és tűrhető (II-III. o.) vízminőségről tanúskodik.

#### *Mikrobiológia*

A *coliform-szám* ebben a szelvényben is IV-V. osztályú vízminőséget mutat.

### Szerves és szervesetlen mikroszennyezők

Az *olaj* tartalmat figyelembe véve 1994-ig itt is szennyezett, erősen szennyezett volt a folyó. Az utóbbi 10 évben már III. osztályú, tűrhető a víz (6. ábra).

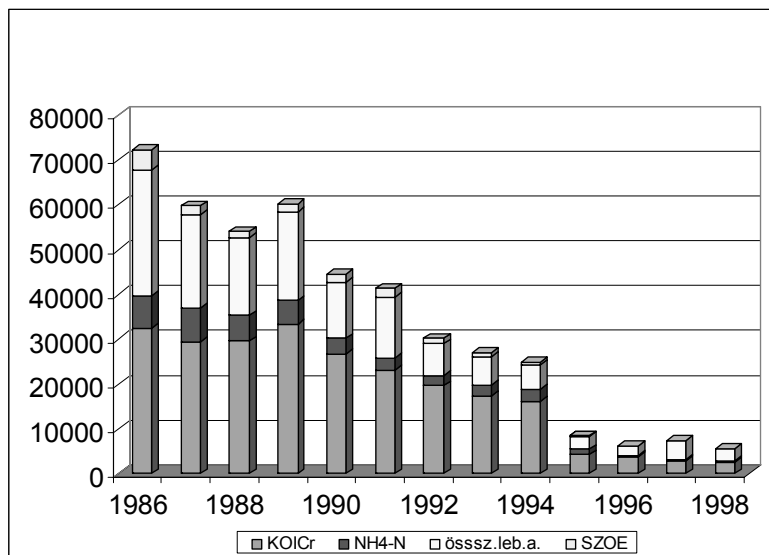
A fenol, az ANA-detergens és a fémek hasonlóan alakulnak mint a többi vizsgált szelvényben.

### Egyéb paraméterek

A *pH* érték alapján folyamatosan I-II. osztályú, a *vezető képesség* szerint néhány évet leszámítva III. osztályú, az *oldott vas* és *mangán* tartalom alapján 1993-ig szennyezett, majd ezután II. osztályú, jó minőségű a folyó.

Összegezve megállapíthatjuk, hogy a Sajó minősége ebben a szelvényében a jellemző komponensek tekintetében – a KOI és az ammónium ion kivételével - minden más szelvényben mért értékénél rosszabb képet mutatott egészen 1994-ig. Ez egyrészt a Miskolc térségi ipari és kommunális szennyvízkibocsátásoknak, másrészt a Miskolc feletti terhelések szuperponálásának, és annak a következménye, hogy a folyó öntisztító képessége ezen a szakaszon már nem volt képes minden időszakban megbirkózni a szennyezésekkel. Az oldott oxigén koncentráció például a 1994-ig olyan alacsony volt, hogy gyakran mértek nulla vagy nullához közeli értéket, szinte alig volt olyan év, amikor a 90 % tartósságú értékek meghaladták volna a 2 mg/l-t. 1994 után a Miskolc városi szennyvíztisztító telep korszerűsítése, a biológiai tisztító egység üzembe helyezését követően az oxigénháztartási mutatók jelentősen javultak. A Sajó vízminőség-változását 1975 – 1991 – 2005. években (az MSZ 12749 szabvány alapján értékelve) az 1. táblázat tartalmazza.

Sajólád után a folyót pontszerű szennyező forrás már nem éri, egyedül a Hernád az, ami a torkolati folyószakaszon a vízminőséget befolyásolhatja. A '70-es években a Hernádnak jelentős hígító hatása volt, ma viszont a két folyó vízminőségében nincs lényegi különbség. Sajóládtól Kesznyétenig, ill. a torkolatig számottevően nem változik a vízminőség, ezért külön részletesen nem értékeltem. A Sajó ilyen mértékű javulásának háttérében a hazai szennyezőanyag terhelések igen jelentős csökkenése is szerepet játszik. A 8. ábrán jellemző szennyező anyagok 1986-1998. közötti változása látható. A terhelések összességében tized részére csökkentek.



7. ábra: A Sajó szennyezőanyag terhelésének változása (kg/nap)

Forrás: ÉMI-KTVF Vízvédelmi Osztály

## A Sajó vízminősége ma

### *Sajópüspökinél*

Az *oxigénháztartási mutatók* közül az oldott oxigén tartalom I. osztályú, kiváló vízminőséget jelez, a többi paraméter (KOI, BOI, szaprobitási index) III. osztályú, tűrhető.

A *tápanyag háztartás mutatók* közül az ammónium-, a nitrát- és az ortofoszfát ion II. osztályú tűrhető, a klorofill-a I. osztályú, kiváló, a nitrit ion III. osztályú tűrhető vízminőséget mutat.

*Mikrobiológiai* (coliform szám) szempontból viszont jelenleg is V. osztályú, erősen szennyezett.

A *szerves és szervesetlen mikroszennyezők* közül az olaj és az oldott cink koncentrációi II. osztályú jó, a többi paraméter I. osztályú kiváló vízminőségre utal.

Az *egyéb paraméterek* a pH kivételével I. osztályú, kiválóak.

Összességében a határszelvényt átlépő víz a coliform szám kivételével tűrhető vagy annál jobb minőségű volt 2005-ben.

### *Sajószentpéternél*

Az *oxigén háztartás mutatói* nem mutatnak eltérést a határszelvényhez képest. A BOI egy osztályt romlik, de így is III. osztályú.

A *tápanyag háztartási mutatók* összességében tűrhető minőségűek, az ortofoszfát tartalom növekszik, ez egy vízminőségi osztály romlást jelent (III. o.). A coliform tartalom alapján szennyezett a víz.

A mikroszennyezők szintén megegyeznek a határszelvényben mértekkel. Az *egyéb paraméterek* közül a vezetőképesség tűrhető, a többi paraméter jó, ill. kiváló.

### *Sajóládnál*

Az *oxigénháztartási mutatók* közül az oldott oxigén tartalom kiváló, a BOI jó, a KOI tűrhető, míg a szaprobitási index IV. osztályú vízminőséget mutat.

A *tápanyag háztartási mutatók* többsége jó és tűrhető vízminőséget jeleznek. Az ortofoszfát tartalom tovább növekszik, ami IV. osztályú, szennyezett vízminőséget eredményez.

A *szerves és szervesetlen mikroszennyezők* közül az olaj tartalom III. osztályú tűrhető, míg a többi paraméter I. osztályú kiváló minőségű.

Az *egyéb paraméterek* közül a vezetőképesség tűrhető, a többi paraméter kiváló és jó vízminőséget mutatnak

A 2005. évi vizsgálatok alapján a hossz-szelvény mentén az ammónium, az ortofoszfát és az olajtartalom alapján is növekedés figyelhető meg.

A Sajó jelenlegi (2005) vízminősége a határszelvényben és a torkolatnál a vizsgált 28 paraméter százalékában az alábbi képet mutatja:

Vízminőséghatárszelvény      torkolat

I. osztályú	54 %	39 %
II. osztályú	28 %	25 %
III. osztályú	14 %	21 %
IV. osztályú	0 %	11 %
V. osztályú	4 %	4 %

Ez azt jelenti, hogy a határszelvényt átlépő víz minősége a vizsgálatok 96 %-ában tűrhető értéken belül marad. A torkolatig a vízminőség romlik, de még így is a mért paraméterek 85 %-ában tűrhető minőségű.

I. táblázat: A Sajó vízminősége (1975 -1991 -2005) MSZ 12749 szabvány szerint

Vízfolyás megnevezése	Sajó Sajópüspöki			Sajó Sajószentpéter			Sajó Sajólád		
	1975	1991	2005	1975	1991	2005	1975	1991	2005
<b>A. csoport</b>									
Oldott oxigén	IV	I	I	IV	I	I	IV	IV	I
Oxigén telítettség	IV	II	I	IV	II	I	IV	IV	I
Biokém.oxigény (BOI5)	IV	III	II	V	III	III	V	III	II
Kémiai ox.igény (KOIps)	V	III	III	V	III	III	V	III	III
Kémiai ox.igény (KOIk)	V	III	III	V	III	III	V	III	III
Szaprobítás	IV		III	IV		III	IV		IV
<b>B. csoport</b>									
Ammónium (NH4-N)	IV	III	II	V	IV	III	V	IV	III
Nitrit (NO2-N)	III	IV	III	V	IV	III	IV	IV	III
Nitrát (NO3-N)	II	II	II	II	II	II	II	II	II
Ortofoszfát (PO4-P)	II	IV	II	II	IV	III	III	IV	IV
Összes foszfor		III	II		III	III		IV	III
a-Klorofill		II	I		II	I		II	II
<b>C. csoport</b>									
Coliform szám			V			IV			IV
<b>D. csoport</b>									
Olaj	V	IV	II	V	IV	II	V	IV	III
Fenolok (fenolindex)	III	I	I	II	I	I	III	II	I
anionaktív detergensek	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Cr (oldott)			I			I			I
Zn (oldott)			II			II			I
Cd (old.)			I			I			I
Ni (old.)			I			I			I
Pb (old.)			I			I			I
Cu (old.)			I			I			I
Al (old.)			I			II			I
Hg (old.)			I			I			I
Össz β									
<b>E. csoport</b>									
pH	I	I	II	I	II	II	I	I	II
Fajlagos vezetés	I	I	I	II	II	III	III	III	III
Vas	IV		I	IV		I	IV		I
Mangán	IV	IV	I	IV	IV	II	V	IV	II

Forrás: saját értékelés

## Biológiai vízminőség

A Sajó *trofitására* télen alacsony érték a jellemző, amikor is a folyó szűken termő *oligotróf*. Jelentősebb növekedés a tavasz végén, nyár elején (június, július) figyelhető meg, a víz *mezo-otrófá* válik, bőven termő lesz. Ez az állapot fokozottabban a folyó alsó, szakaszára jellemző. A téli, tavaszi időszakokra az apró termetű kovaalgák a jellemzőek, míg nyáron a bőséges színanyagú kovaalgák és a zöldalgák uralják a víztestet.

A *szaprobitást* tekintve a Sajó teljes szakaszán kiegyensúlyozott, a szerves-anyag tartalmat jelző mutatók (KOI, BOI, összes formált foszfor, szaprobias index) alapján a folyó szerves tápanyagban gazdag.

A Sajó toxicitására annyit, hogy az elmúlt 20 évben halpusztulás nem fordult elő a folyón.

A biológiai vízminőséget a klasszikus mutatók (halobitás, trofitás, szaprobitás, toxicitás) mellett az EU Víz Keretirányelv gyakorlatához igazodó mutatók (fitoplankton, fitobentosz, makrofiton, makroszkópikus vízi gerinctelenek, halfauna) alapján is jellemezzük a Felügyelőség 2005-ben végzett vizsgálati (Nagy Katalin biológus) alapján.

### Fitoplankton állomány

A *Sajó-6 víztest* (a Bódva torkolat feletti szakasz) fitoplankton állományára jellemző az euplanktonikus fajok nagyszámú jelenléte. Az algaflórát elsősorban a kovamoszat dominancia jellemzi, Pennales fajok vannak túlsúlyban (*Navicula lanceolata*, *Fragilaria crotonensis*, *Nitzschia* sp.). Nyári időszakban nagyobb százalékban jelennek meg a zöldalgák is (*Crucigenia tetrapedia*, *Scenedesmus* sp., *Selenastrum* sp.).

A *Sajó-13 víztest* (Bódva torkolat alatt) fitoplankton állományára is a kovamoszat dominancia és magas fajszerű zöldalgák jelenléte jellemző. Az általános mikroszkópikus képen jól érzékelhető a Bábony-pataknak és a Miskolc városi szennyvíztisztító szennyvíz kibocsátása, de a szennyezéseket a folyó még képes tolerálni, nem kerülnek túlsúlyba a szennyvizet jelző fajok (pl. *Sphaerotilus natans*).

### Makroszkópikus gerinctelenek

A *Sajó-6 víztestben* a makroszkópikus vízi gerinctelen fauna kiemelkedő diverzitású, a kérész- és álkérészfauna számos ritka, veszélyeztetett faja mellett a piócák is jellegzetes karakterfajokkal vannak jelen. A típus specifikus fajok mellett relatíve nagy számban képviseltették magukat a kérészek (pl.: *Ephemera ignita*, *Ephemera danica*, *Ephemera vulgata*) és különböző tegeszfajok (pl.: *Limnephilidae*, *Hydropsychidae*). Az előforduló fajok a korábbiakhoz képest javuló vízminőséget jeleznek.

A *Sajó-13 víztest* mintavételi helyein még nagyobb faji diverzitás jellemző. A típus specifikus fajok mellett említésre méltó, hogy a *Gammarus* (bolharák) fajok összetétele itt már dominánsabb (*Gammarus fossarum*). Emellett ezeken a szakaszokon, az előbbi típustól eltérően, nagy számban jelentek meg a szitakötő-genus (*Calopteryx*), illetve a kérész-genus (*Caenis*) fajai. Nagyobb számban fordultak elő ezekben a mintákban a kevéssertéjű gyűrűsférgék (*Oligochaeta*) illetőleg a közönséges víziászka (*Asellus aquaticus*) egyedei, amik az előző víztest-típushoz képest rosszabb vízminőséget indikálnak.

### Fitobenton

A Sajóból a két víztestből öt szelvényben történt mintavétel. Ezekből összesen 82 taxont (fajok és változatok) határoztak meg. Többségük gyakori fajnak tekinthető. Leggyakoribb faj az *Amphora pediculus* volt, mely kozmopolita faj, béta-alfa-mezoszaprob szennyezettségű vizekig előfordul. A fajok többsége eutróf, alkalikus vizekre jellemez. Közülük néhány a szerves szennyezéseket jól tolerálja (pl. *Gomphonema parvulum*, *Nitzschia paleacea*), mások csak tiszta alkalikus vizekben fordulnak elő (pl. *Achnanthes biasolettina*). Ez utóbbi valamennyi mintavételi helyen megtalálható, jelentős egyedszámban. Az OMNIDIA adatbázisa - amely

minden fajhoz két rendszámot rendel: egy érzékenységi értéket (S) és egy indikátorértéket (V) – a Sajót jó állapotminőségű osztályba sorolja.

#### *Halfauna*

Az elmúlt években végzett halfaunisztikai felmérések (Hoitsy György) egyre biztatóbb eredményeket mutatnak. A legutóbbi, 2004. március-október között végzett próbahalászat szerint már 49 halfaj települt vissza a Sajóba. A fajlista élén - népszerűségi arányukat tekintve - a szinttájban őshonos kűsz, szivárványos ökle után a domolykó, fenékjáró küllő, márna, bodorka, paduc és keszeg félék következnek. A nemes halak közül a ponty, csuka, harcsa, süllő, sebespisztráng is szép számban akadt a vízben. A magyar halfauna 20 védett halfaja közül már 15 visszatelepült a folyóba. Így például a petényi márna, halványfoltú küllő, kurta baing, vágócák, sulytásos kűsz, selymes durbincs, magyar bucó, tarka géb.

#### *A mederüledék állapota*

Felszíni vizeink szennyezés-története a mederüledékben érhető tetten! Korábban az ipari szennyvizekkel kibocsátott és a fenéküledékben felhalmozódott kadmium, higany és ólom jelentett krónikus környezeti problémát, részben a z üledékben lejátszódó redox folyamatok hatására történő vízbeoldódás, másrészt az üledéklakó szervezetektől induló táplálékláncban történő feldúsulással. Az utóbbi 20 évben a kibocsátott szennyvizekben ezek a szennyezők megszűntek, ill. határérték alá csökkentek. Az ismétlődő árvizek pedig az üledékből fokozatosan kimosták (tovább szállították és szétterítették) ezeket a toxikus anyagokat. 1997 – 2001 között a VITUKI Rt. Vízminőségi Intézet által végzett vizsgálatok már elfogadható koncentráció értékeket mutattak. A mederüledék környezeti állapotának minősítésére hazai határérték rendszer nem áll rendelkezésre. A kanadai ökológiai határérték-rendszer alapján megállapítható, hogy a vizsgált fémek koncentrációja eléri a „legalacsonyabb határszint”-et, de már csak időnként haladja meg a „súlyos határszint”-et.

### **A vízminőség hosszú-távú védelme**

Az EU direktívák hazai jogrendbe illesztésével a felszíni vizek védelmével kapcsolatosan is új jogszabályok egész sora jelent meg. Az új vízvédelmi jogi szabályozás alapvető változásokat hozott, elsősorban a vizek szennyezésének a megelőzésében, a vizek minőségének tartós és hatékony megóvása és javítása érdekében.

Folyik az EU Víz Keretirányelv hazai végrehajtása. A VKI alapvető célja a vizek jó ökológiai állapotának elérése 2015 –ig és ezt az állapotot fenntarthatóvá kell tenni. A tagállamoknak 2009-ig el kell készíteniük a vízgyűjtő gazdálkodási terveiket. 2007-től új vízminőségi monitoring rendszert kell bevezetni. (Ennek az előkészítése második éve folyik.) A felszíni vizek hidrológiai, morfológiai jellemzőik alapján víztípusokba kerültek besorolásra (tipizálás), az egyes víztípusokhoz meg kellett határozni a jó állapot eléréséhez szükséges követelményeket (típus-specifikus referenciák). Valamennyi víztípusnál az elérhető legjobb ökológiai, kémiai állapothoz kell viszonyítani az ugyanazon víztípusba tartozó víztesteket. Ezért van különös jelentősége az un. referencia helyek kijelölésének, az interkalibrációs hálózat létrehozásának.

Mindezek jó alapot nyújtanak ahhoz, hogy a jövőben hatékony vízminőség-védelmet folytassunk és hosszú távon biztosítsuk a vízminőség megóvását, javítását, megvalósítsuk a víz kíméletes használatát (a vízzel való takarékos gazdálkodást), a víz újra használatát, a vízi ökoszisztemek (ökoszisztémák) védelmét, a teljesebb körű, megbízható monitorozást (a biológiai paraméterek előtérbe helyezését), s nem utolsósorban a vízzel kapcsolatos (helytelen) közgondolkodás megváltoztatását.

Feladatunk, hogy megvalósítsuk a vízkészletek, a vízminőség és a vízi környezet védelmének egységes, holisztikus szemléletű szabályozását, az egységes vízgyűjtő gazdálkodást, melynek alapja a vízminőségi adatok vízgyűjtő szintű, nemzetközi összehasonlítása, a már említett interkalibrációs és referencia laboratóriumok létrehozása. A határokon áterjedő vízgyűjtők esetében az egységes szennyező-forrás felmérést, terhelés-csökkentést, a szennyezések megelőzését, két és többoldalú szabályozását kell következetesen érvényesíteni.

Azt hiszem, hogy ezek azok a legfontosabb kérdések, melyeket semmiképpen nem kerülhetünk meg itt a Kárpát-medencében, ha el akarjuk érni, és hosszútávon fenn akarjuk tartani vízkészleteink jó ökológiai és kémiai állapotát.

### **Irodalom**

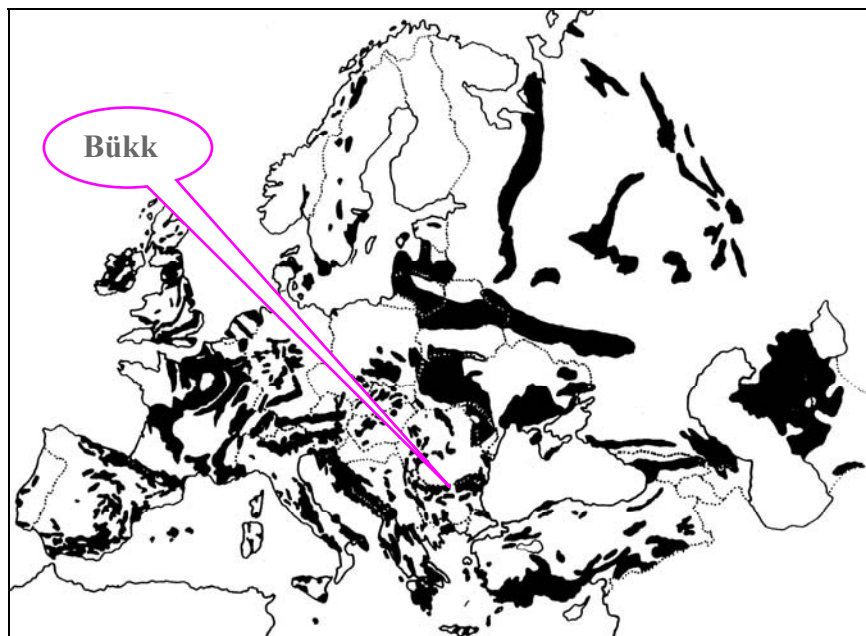
- Az Európai Parlament és Tanács 2000. október 23-i 2000/60/EK Irányelve a közösségi cselekvés kereteinek meghatározásáról a vízügyi politika területén (EU Vízkéretirányelv). Európai Közösségek Hivatalos Lapja 2000.12.22.
- A vízgyűjtő gazdálkodás egyes szabályairól szóló a 221/2004. (VII.21.) Korm. rendelet EU Vízkéretirányelv Nemzeti Jelentés 2005. március 22. Felszíni víztestek adatai. (WWW.euvki.hu)
- A Sajó vízminőség-védelmi műszaki koncepciójának előtanulmánya (UNDP/WHO Projekt) ÉVÍZIG 4020-635/1976.
- BC Rt. magas sótartalmú technológiai vizeinek hatása a Sajó-Tisza vízi környezetére VII. Zárójelentés. 7. Meder-iszap vizsgálat eredményei. (Tsz.: 721/3/557601), VITUKI Rt. Vízminőség-védelmi Intézet, 2002. május hó.
- EU Vízkéretirányelv gyakorlatához igazodó ökológiai állapotfelmérés 2005. évi vizsgálatai. ÉMI-KTVF Mérőközpont.
- Felszíni vizek vízminőségi adattára. ÉMI-KTVF.
- Hoitsy Gy. (2004): A Sajó halfaunisztikai felmérése 2004. március-október (kézirat).
- Magyarország Hidrológiai Atlasza, 1. folyóink vízgyűjtője, 2. A Sajó. VITUKI, 1953.
- Vízrajzi Atlasz sorozat – Sajó, VITUKI 1979.
- MSZ 12749 szabvány.

Lénárt László

### A Bükk-térség karsztvízpotenciálja – A hosszú távú hasznosíthatóságának környezetvédelmi feladatai

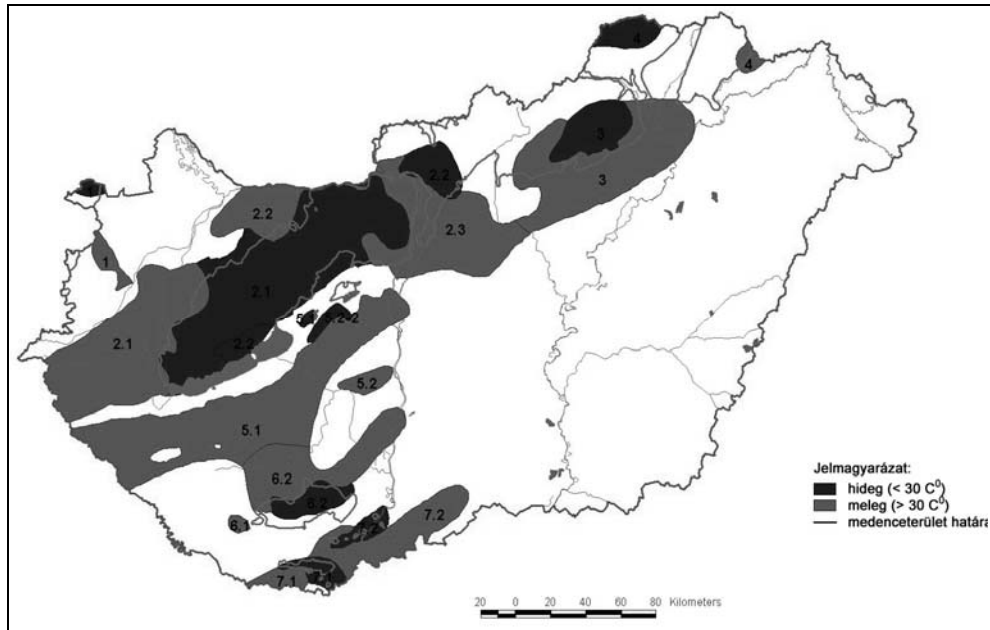
A Földön 25 millió km<sup>2</sup>-nyi karsztosodó kőzet van, mely a szárazföldrészeknek kb. 17 %-a. A ténylegesen karsztosodott terület lényegesen kisebb, mindössze 5,3 millió km<sup>2</sup>, ami a szárazföldek felszínének mintegy 4 %-a. (A jéggel borított területek nincsenek benne.) (Kordos 1983)

Európa a "legkarsztosabb földrész" 1,4 millió km<sup>2</sup>-rel. Ebből 0,5 millió km<sup>2</sup> hegység, 0,9 millió km<sup>2</sup> karszttábla. Ezen belül az orogén keletkezésű területek zöme a Földközi-tenger környékére esik (Pireneusok, Alpok, Dinaridák, Appeninek). Ez az európai szárazföldi területek 13 %-a. (1. ábra) Magyarország az Alpok, Dinaridák és Kárpátok gyűrűjén belül van, de azokhoz genetikailag és felépítésüket tekintve szervesen kapcsolódik.



1. ábra: Európa karszterületei és a Bükk helyzete  
Forrás: Biondic – Bakalowicz 1995

Magyarországon a nyíltkarsztok mennyisége 1.350 km<sup>2</sup>, az ország területének 1,45 %-a. (Az országban a törmelékes üledékkel fedett karsztok nagysága kb. 30.000 km<sup>2</sup>, ennek a termálkarsztvíz kitermelhetősége miatt van közvetlen és fontos szerepe.)



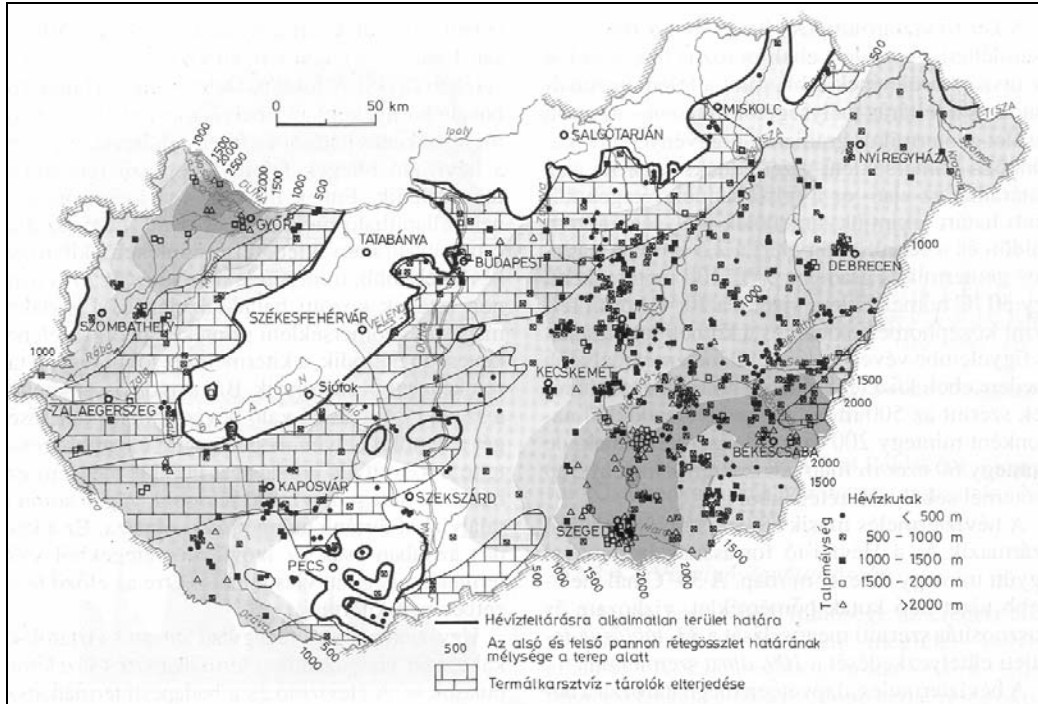
2. ábra: A magyarországi karsztok elhelyezkedése  
 Forrás: Liebe 2002

### A karsztvíz felhasználása Magyarországon

Magyarországon a karsztvíz felhasználása mindig is alapvető jelentőségű volt és ma is rendkívül fontos a vízhasználók között, bár szerepe megváltozott. A karsztforrások vizének könnyű befoglalási lehetősége, a bányákból emelt karsztvíz részleges vagy teljes felhasználása miatt az 1980-as évek végén még Magyarország felszín alatti eredetű, társadalmi célú vízhasználatának kb. a 29-31 %-a volt a karsztvíz. (Szabó-Pomázi 2003) (Természetesen térben és részben időben erősen megoszolva.) Ennek nagyobbik része a hideg ( $10^{\circ}\text{C}$  körüli) vagy langyos ( $30^{\circ}\text{C}$  alatti) karsztvízből tevődött össze.

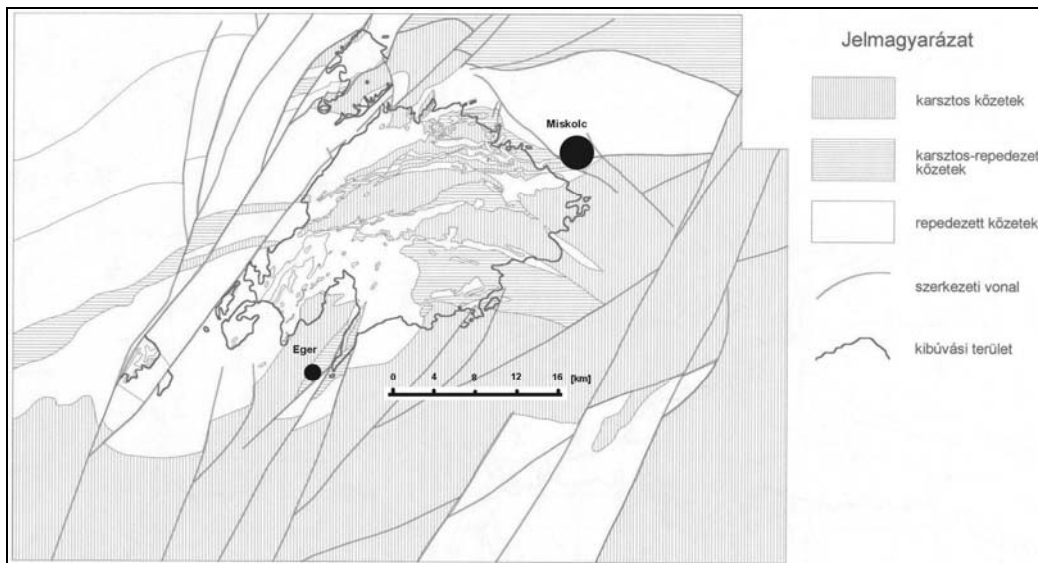
Mára a felszín alatti vizekből történő víztermelés (vízfelhasználás) a jelentős társadalmi változások miatt jelentősen visszaesett. Ezen belül a legjelentősebb mértékben a karsztvíz felhasználása esett vissza, jelenleg az ország felszín alatti vízfogyasztásának a 14-16 %-a származik karsztvízből. Arányaiban viszont jelentősen emelkedett a langyos és a kutakon keresztül a felszínre emelt meleg ( $30^{\circ}\text{C}$  fölötti hőmérsékletű) karsztvíz aránya, melyet csaknem kivétel nélkül fürdési vagy gyógyászati célokra használnak fel. (A Bükk-térségben Miskolc, Mezőkövesd, Bogács, Eger és ha minden jól megy, Egerszalók használ – fog felhasználni részben vagy teljes egészében termálkarsztvizet sport, fürdési és gyógyászati célokra.)

Magyarország legjelentősebb hévízkészlete ugyan Békés és Csongrád megyében van, de a hazai karsztos hegységeinket körül, az eltemetett karsztos kőzetekből (3. ábra) igen jelentős mennyiségű termálkarsztvíz kitermelése történik. A fúrásokon át kiemelt karsztvíz hőmérséklete  $40-95^{\circ}\text{C}$  között van, általában minél mélyebbről emelkedik a felszínre, annál melegebb. (A Kárpát-medence világviszonylatban is igen jelentős geotermikus energiát tartalmaz, melynek csak kisebb része van eddig kihasználva.)



3. ábra: Termálvíz kitermelés helyei Magyarországon, a sötétebb helyek a nagyobb hőmérsékletű részek

*Forrás: Liebe 1994*



4. ábra: A Bükk és a Bükk-térség vízföldtani szempontból egyszerűsített településszerkezeti vázlat

*Forrás: Havas et. al., 1995*

A Bükk hegység döntő mértékben hideg karsztvizet tartalmaz, de mivel a karsztos kőzetei közvetlen kapcsolatban vannak a törmelékes kőzetekkel eltemetett karsztos kőzetekkel (4. ábra), ezért a Bükk-térségben egységes hideg-meleg karsztrendszerrel lehet beszélni. (Ennek a kapcsolatnak a maximális figyelembevétele a karsztvíz minőségének és mennyiségének, vízszintjének megóvásakor rendkívül nagy jelentőséggel bír.) (Havas 1995, Lénárt 2006, Lénárt 2005)

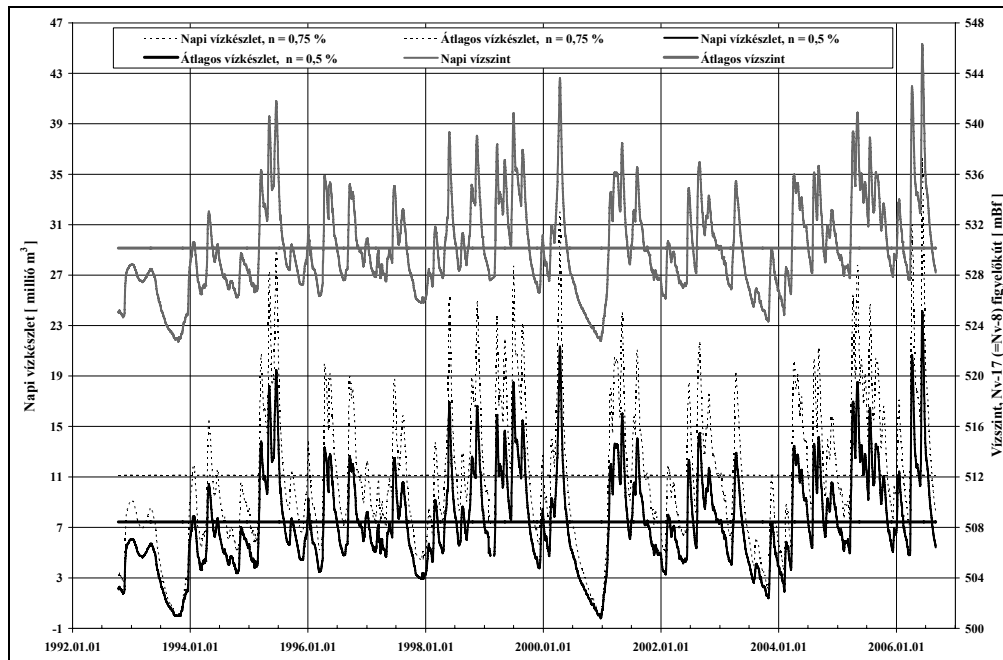
### A Bükk-térség karsztvízkészlete

A Bükk-térség Észak-Magyarországon található. Északi és keleti határáként a Sajó-folyó tekinthető, nyugaton a Mátra és a Bükk közötti Eger és Laskó patakok völgye. Délen a Bükkalja még a Bükk-térséghez tartozik.

A Bükk hegység dinamikus, folyamatosan megújuló (hideg) karsztvízkészletének maximális értékét 40.000.000 m<sup>3</sup>/nap értékűre becsülik. (Lénárt 2006) A karsztvízkészlet megújulása igen erőteljesen és döntő mértékben függ a csapadékviszonyoktól és – ma már – kisebb mértékben a termeléstől.

A Bükk hegység hideg statikus karsztvízkészletét 526.000.000 m<sup>3</sup>-re becsülik, igen jelentős pontatlansággal.

Még nehezebb a meleg (30 °C-nál nagyobb hőmérsékletű) statikus karsztvízkészlet megbecslése. Ha a Bükk-térségben az eltemetett karsztos kőzetek vastagságát – a miben karsztvíz van – átlagosan 500 m vastagnak (ami valószínűleg alábecsült érték), a felületét 1000 km<sup>2</sup>-nek, az átlagos porozitást 0,1 %-nak becsülik, akkor a meleg karsztvíz volumetrikus (térfogati) mennyisége 5\*10<sup>11</sup> m<sup>3</sup> értékű első közelítésként. (A pontosabb meghatározásra feltétlenül szükség van – lenne –, mivel a termálkarsztvíz felhasználására egyre nagyobb az igény és a hosszú távú beruházásokat csak megalapozott kutatásokon nyugvó döntések alapján célszerű indítani.)



5. ábra: A Bükk dinamikus karsztvízkészlete 1992-2006 között

Forrás: Lénárt 2006

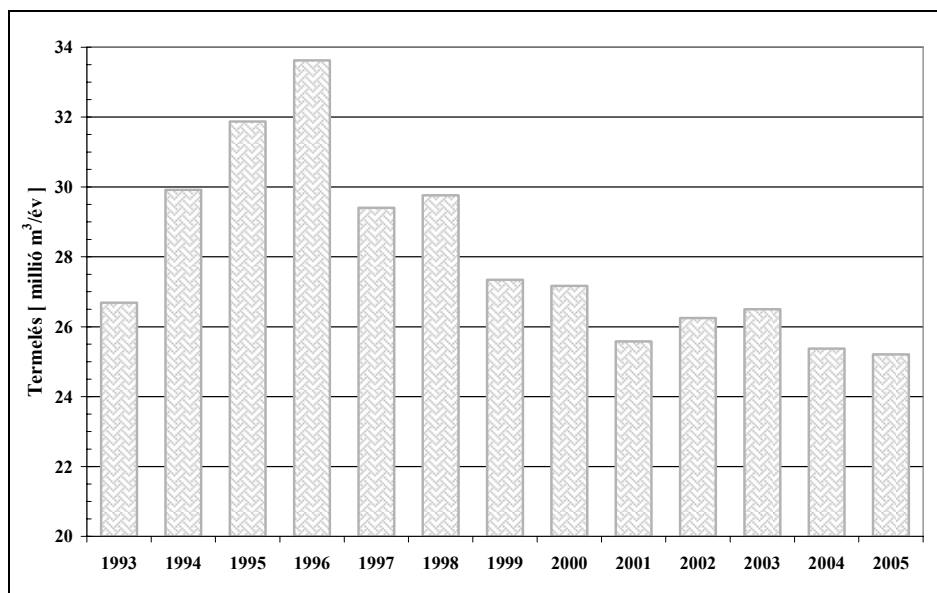
### A Bükk-térség jelenlegi karsztvízfelhasználása

A Bükk-térség karsztvíz-felhasználása az országos tendenciának megfelelően erőteljesen csökken. A 8. ábrán megadott mennyiségénél kb. 10-12 %-al nagyobb a tényleges termelés, de a mérési hiányosságok miatt a becsült értékeket a jelzett ábra nem tartalmazza. Látható, hogy a Bükkből Miskolc termeli a legtöbb karsztvizet. (7. ábra) Ebből a legtöbbet ivóvízellátásra ivóvíz-ellátásra fordítanak, de igen jelentős a fürdősi célú felhasználás is.

Miskolc hideg és meleg karsztvíz termelésének megoszlást a 8. ábrán mutatjuk be. A hidegkarsztvíz termelésben itt is jól látható a csökkenő tendencia, ezzel szemben a melegkarsztvíz termelése 2001-től fokozatosan emelkedik, elsősorban a miskolctapolcai Termál-Barlang-Kagyló-Tavi-fürdő együttes kiszolgálására. (A bükk-térségi termálkarsztvíz termelési tendencia hasonló jellegű.)

A hosszú távú, biztonságos termálkarsztvíz termelés érdekében feltétlenül szükség lenne az egész Bükk-térségre – de minimálisan Miskolc térségére – vonatkozó, a hideg és a meleg komponensekre egyaránt és egyszerre kiterjedő karsztvíz-háztartás vizsgálatra. (Erre azért is szükség lenne, mivel az eddigi felhasználásokon túlmenően szóba került a térségben az energetikai célú vízhasználat is.)

Az elmúlt évtizedek folyamatos, de anyagi okok miatt soha nem teljes értékű karszthidrogeológiai vizsgálatai azt mutatják, hogy mára a csapadékból történő utánpótlódás és a termelés nagyjából egyensúlyba került a kb. két-három évtizedes, az utánpótlást meghaladó túltermelés után. (Ez a helyzet a termelés jelentős mértékű csökkenése mellett döntően az igen jelentősen csapadékosabb időjárásnak tudható be. 1981-1991 között a Bükkben Jávorkúton 698 mm volt az átlagos évi csapadék mennyisége, 1992-2000 között 845 mm, 2001-2005 között pedig 1043 mm.)

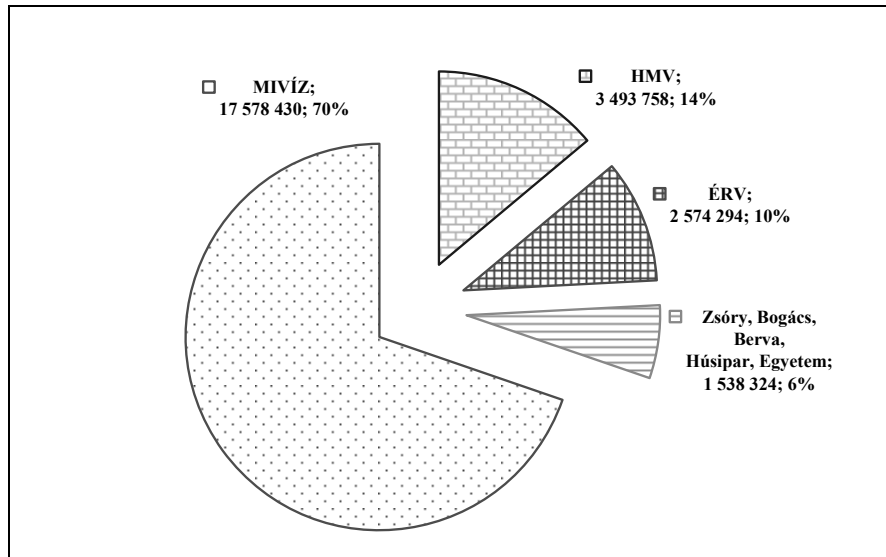


6. ábra: A Bükk-térség ismert karsztvíztermelésének változása

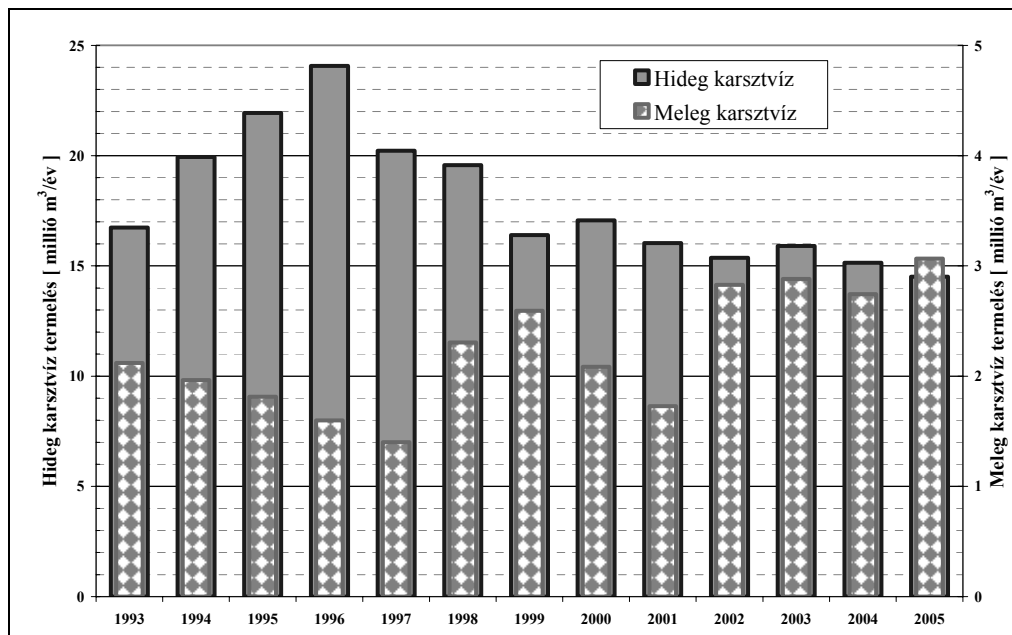
Forrás: Lénárt 2006

Jó és célszerű lenne ezt az egyensúlyi helyzetet fenntartani, mert ez esetben a Bükk-térségben a kielégítő mértékű társadalmi célú víztermelés mellett kellő mértékű ökológiai célú vízkészletek maradnának a természeti értékeink számára is. (Ez a természetvédelem és a

víztermelés jelentős mértékű érdekellentétét könnyen kezelhető mértékűre csökkentené.) Mert azt nem szabad elfelejteni, hogy bár ma technikai okok miatt külön vesszük számba a társadalmi és ökológiai vízkészleteket (vízfelhasználásokat), valójában az ökológiai célú vízfelhasználás is a társadalom érdekében történő felhasználást jelent.



7. ábra: A Bükk-térség ismert karsztvíztermelésének megoszlása 2005-ben  
Forrás: Lénárt 2006



8. ábra: Miskolc hideg és meleg karsztvíztermelésének változása  
Forrás: Lénárt 2006

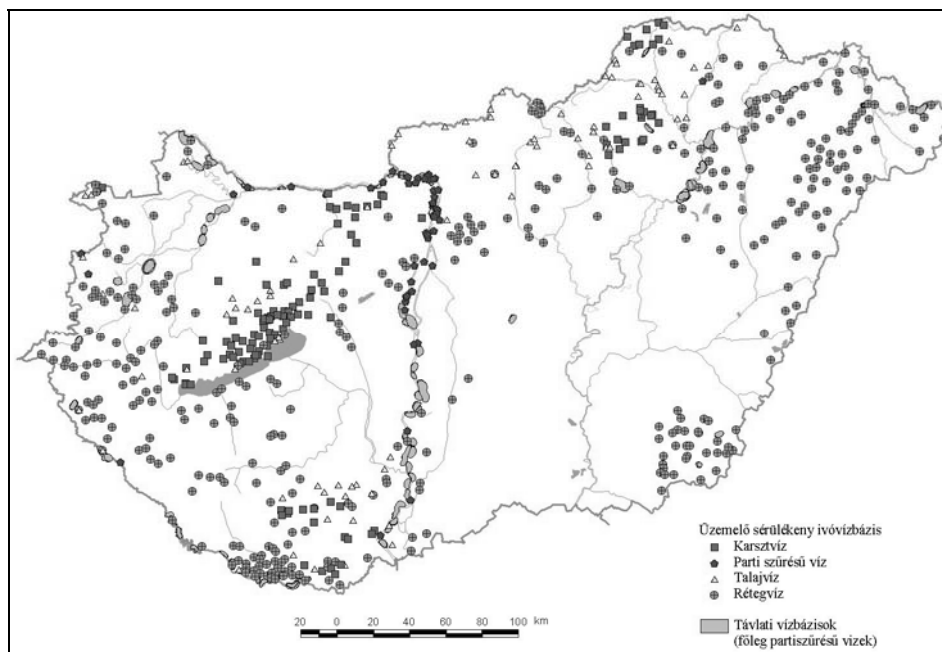
### A karsztvízkészletek veszélyeztetettség

A hideg karsztvízkészleteink rendkívül veszélyeztetettek a nagyfokú sérülékenyséjük miatt. Mivel a karszton általában csak nagyon vékony, néhány dm-es talajtakaró található, a lehulló csapadék akadálytalanul és nagyon kevésbé megszűrve jut le a karsztvízszintig, s onnan a vízkivételi vagy vízkilépési helyekig. Ily módon nincs olyan hidrogeológiai aktív védő közzettakaró, ami természetes szűréssel a karsztra érkező szennyezéseket visszatartaná.

A magyarországi sérülékeny vízbázisokat – köztük a bükkit is – a 9. ábrán láthatjuk. (Itt azt is meg kell említenünk, hogy a Bükk-térségben a különböző kőzetekben lévő vízkészletek zöme szintén erősen sérülékeny földtani környezetben található. Azaz ha a bükki karsztvíz, vagy egy része tartósan elszennyeződik, nagyon nehéz helyette hasonló jó minőségű, kevésbé szennyeződéserzékeny, gazdaságosan termelhető vízbázist találni.)

### A 2006. évi miskolci karsztvízszennyeződés

2006 június elején Magyarország legnagyobb vízszennyeződése (vízszennyezése) történt Miskolcon. Több mint 3000 ember került orvoshoz – igen sokan nem mentek el – Miskolc jelentős részén a Miskolctapolcáról származó víz coli fertőzés miatt emberi fogyasztásra alkalmatlan volt.



9. ábra: Magyarország sérülékeny vízbázisai

Forrás: Liebe 2002

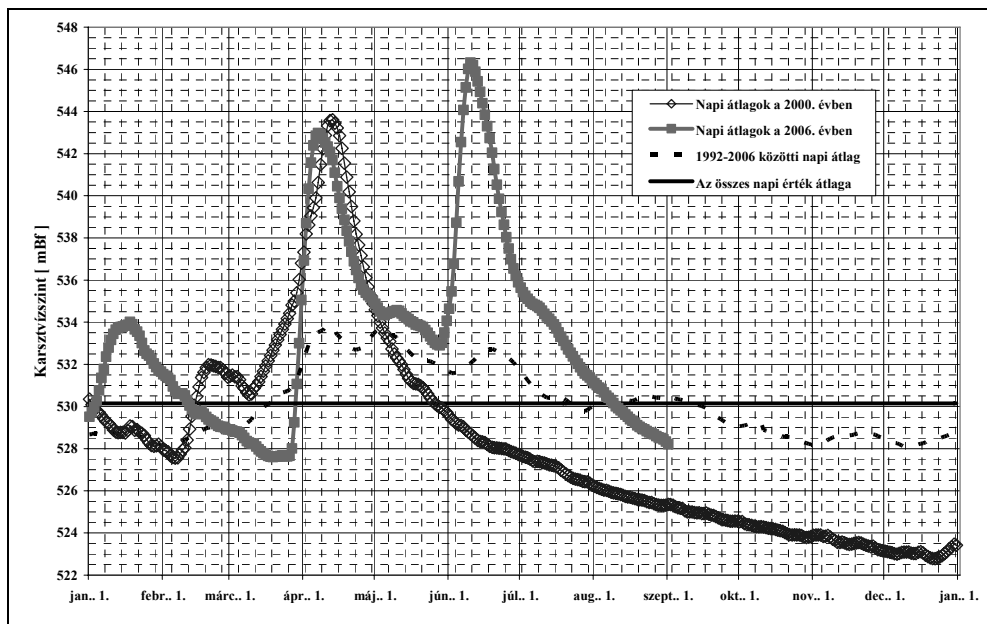
Döntőnek tekinthető, hogy egy rendkívül jelentős felszín alatti áradássorozatot okozó időjárási helyzet állt elő. Évek óta emelkedő, az 50 éves átlagnál magasabb évi csapadékmennyiségek; az 50 éves átlagnál jelentősen magasabb márciusi-áprilisi csapadék; gyors olvadás április elején; májusban az 50 éves átlag kétszeresének megfelelő csapadék csapadékcsoport formájában; erre a csapadékcsoportra érkezett a június 2-i 49-82 mm nagyságú, az egész Bükköt érintő nagycsapadék; ezt követően ismét a Bükk teljes területét lefedő, 3 nap

alatt lehulló 32-51 mm csapadék. Ennek következtében szennyezésekkel terhelt áprilisi és júniusi felszín alatti árhullámok szuperponálódtak egymásra, s így a szennyezési hatás lényegesen felerősödött. Ily módon az eddigi legmagasabb karsztvízszint (546,32 mBf) jött létre a Bükk hegységben. Ezek a felszín alatti áradások kivédhetetlenek voltak, haváriának tekinthetők, tekintendők. (A tapolcai források 76 km<sup>2</sup>-es vízgyűjtő területére kb. 17 millió m<sup>3</sup> csapadék hullott májusban és június elején. A Bükkből történő összes karsztvíztermelés 2005-ben 25,2 millió m<sup>3</sup> volt.)

Az opálosodást okozó szennyező anyagnak a felszínről felszín alatt áramló vízbe való kerülése (nyitott víznyelőkön keresztül), ill. a barlangokban lerakódott törmelék felszakadása ilyen magas vízszinteknél, ill. az olyan dinamikus karsztvízszint emelkedésénél, ahol a tetőhelyzetben lévő karsztvízszint maximális emelkedésének mértéke 1,96 m/nap volt, törvényszerű és szintén kivédhetetlen. (Az opálos víz tisztítása viszont megoldható, de drágán.) Az opálosodás és a bakteriális szennyezés között nincs összefüggés, mivel mindkettő különböző közegből származik.

A Miskolctapolcai Vízbázis bakteriális elfertőződése viszont a fekália szennyezőanyag az illegális módon a karsztra való vezetése, ill. emberi hanyagság miatt a karsztvízbe való jutása miatt történt. (Nagytömegű potenciális szennyezőanyag található a miskolctapolcai vízyűjtő egyes részein, így Miskolctapolca több területén, Bükk-szentlászló-Tatárarok térségében, Répáshuta-Balla-völgyben.) Viszont itt is ki kell hangsúlyozni, hogy ez a bakteriális szennyezés valószínűleg nem következik be, ha nincs ekkora karsztvízszint, ill. ilyen dinamikus karsztvízszint emelkedés.

A 10. ábrán a 15 évi vizsgálat két legjelentősebb évének görbéjét (2000, ill. 2006), valamint a 15 év átlagos értékeit, végül az összes mérésből számított értéket ábrázoltuk. Jól látható, hogy 2006-ban már áprilisban is csaknem „karsztvízszint-rekord” született. Ezt egy átlagosnál magasabb májusi vízszint követte, majd az erre szuperponálódó május végi - június eleji csapadékesoport rendkívül jelentős emelkedése. (Havas 1995, Lénárt 2006)



10. ábra: A Bükk karsztvízszintjének változása 1992-2006 között

Forrás: Lénárt 2006

Ez a természeti eredetű havaria a víztermelés teljes intézményrendszerét figyelembe véve kivédhetetlen volt, de a cél az, hogy a kutatásokkal és az azt követő műszaki megoldásokkal ez ne ismétlődhessen meg.

**Javaslat a Miskolctapolcai Vízmű és a város vízellátó rendszerének biztonságos üzemeltetéséhez szükséges fejlesztések (feladatok) megvalósítására (Havas 1995, Lénárt 2006)**

*A/ Azonnali intézkedések megtétele, illetve folyamatba helyezése (zömmel megtörténtek)*

1. A Miskolctapolcai Vízmű Új-kút és Olasz-kút közötti járatbiztosítási, kútszerkezeti felújítási munkák elvégzése.
2. A klórozás eredményességéhez szükséges behatási idő biztosítására a 800-as vezeték Enyedi utcáig történő felhasználása.
3. A túlfolyó víz klórmentességének biztosítására a szivattyú köré köpenycső beépítése.
4. A klórmentes nyersvíz mintavételezésének biztosítására külön mintavevő szivattyú beépítése.
5. A folyamatos ellenőrző méréseket lehetővé tevő helyszíni vízminőségi monitoring rendszer kiépítése /zavarosság, elektromos vezetőképesség, Ph, oldott szervesanyag, szabad aktív klórszint/ alkalmas a percenkénti adatlekérdezéssel az esetleges bakteriális szennyezéssel járó kísérő jelenségek azonnali felismerésére.
6. A bakteorológiai gyorstesztok végzésére alkalmas műszerek beszerzése.
7. A Miskolctapolcai Vízmű belső szennyvízelvezető rendszerének átépítése nyomott rendszerűvé.
8. A Barlangfürdő szennyvízelvezető rendszerének felülvizsgálata, szükség esetén javítása, átépítése többszörösen védetté.
9. A vízminta vételek sűrítése a Kormányrendelet előírásán túlmenően az ÁNTSZ-szel és ÉmiKTVF-fel egyeztetve.
10. Az akkreditált bakteriológiai saját laboratórium kialakítása.
11. A belső védőterületen és közelében lévő felhagyott ivóvíz és csatornahálózati elemek feltárása, azok megszüntetése.
12. A Hejő-patakba történt illegális szennyvízbekötések feltárása és megszüntetése
13. Vízzársági próbák végzése a vízbázisvédelem szempontjából kritikus csatornaszakaszokon.
14. A Vár-hegyi, felhagyott kőbányában lévő figyelő kút kitisztítása és annak rendszeres vízmintavételezése, vízszintjének folyamatos rögzítése.
15. Az üzemeltetési szabályzat felülvizsgálata és kiegészítése a még hiányzó előírásokkal, különösen a haváriák esetén szükséges intézkedésekkel.
16. A Miskolctapolcai Iglói utcai szennyvízcsatorna visszaduzzadási vészjelzésének kiépítése.
17. A bükkszentlászlói és a bükkszentkereszti szennyvízcsatornáknak a miskolci rendszerre való csatlakozási pontja alatt a szennyvízcsatorna-rácsakna vészszintjelzésének kiépítése.
18. A többi vízműforrások zavarosságmérővel történő felszerelése, a vízminőségi monitoring rendszer továbbfejlesztése a miskolctapolcai gyakorlati tapasztalatok alapján.

*B/ A következő években elvégzendő feladatok a vízbázisvédelem, a preventív védekezés folytatása, jelentős mértékű erősítése és a 123/1997. /VII.18./ Korm. sz. előírásainak megfelelő védőterületek kialakítása érdekében (egy részük folyamatban van)*

1. Fel kell mérni, hogy mi nem valósult meg az 1987-ben kiadott védőterületi határozatban előírt intézkedésekből, figyelembe véve azt, hogy az eltelt 20 év alatt a terület kiépítettségében lényeges változások következtek be.
2. A bükki, földtanilag sérülékeny karsztvízbázist annak az érdemi megvédése, helyreállítása érdekében folyamatosan kutatni kell, a tanulságokat folyamatosan le kell vonni, így természetesen a 2006. évi, havariát követő kutatási eredmények tanulságait is.
3. A vízmű vizének karsztvízjárásától függő iszapterhelését (a karsztvíz lebegőanyag tartalmát) le kell választani ülepítéssel vagy szűréssel. Meg kell vizsgálni, hogy az iszapeltávolítási technológia kiegészítése ultra membrán szűréssel (baktériumok kiszűrése) milyen nagyságrendű bekerülési költséget jelentene.
4. A miskolci vízműhálózat korszerűsítése, ill. felújítása elengedhetetlen. Az ivóvízvezeték másodlagos szennyeződésének elkerülési lehetőségeit meg kell vizsgálni és meg kell valósítani. Különös figyelmet kell fordítani annak megvizsgálására, hogy szűrés esetén a nem karsztvíz betáplálása hatására a vezetékben milyen káros folyamatok (másodlagos szennyeződés, keveredési korrózió) alakulhatnak ki és azok kezelésére milyen technikai és anyagi eszközök szükségesek. (A vizsgálatnak arra is feltétlenül ki kell térni, hogy a „tartalék ivóvízbázis” milyen szintű természetes, földtani védelemmel rendelkezik, ill. az azon bekövetkező szennyezések megakadályozásának lehetősége megvan-e Miskolc, ill. Magyarország számára.)
5. Elsősorban a hegyvidéki területeken lévő szennyvízcsatorna hálózatok teljes körű felülvizsgálata a vezetékek és aknák tényleges állapotának feltárására, az illegális rákötések kiderítésére, a tényleges terhelések megállapítására, a szállítási kapacitás vizsgálatára jelentős csapadékcsoportok esetére. (Bükkszentlászló, Lillafüred és Ómassa mellett Bükkszentkeresztre és Répáshutára is ki kell terjednie a vizsgálatnak, a répáshutai, a szentléleki és a Bánkút alatti szennyvíztisztítókat is figyelembe véve.)
6. Szennyvíztároló medencék, ürgödörös árnyékszékek, szikkasztók tényleges felmérése, szükség szerint a megszüntetése, az újonnan engedélyezett beüzemelés előtti tényleges ellenőrzése. (A hidrogeológiai védőterületen.)
7. A MIVÍZ által (is) eddig végeztetett vízbázisvédelmi tevékenységet (karsztvízszint észlelő rendszer, barlangok szennyezettségének folyamatos vizsgálata és csökkentése, egyéb vízminőség-javító kutatások-beruházások) folytatni, adott esetben erősíteni kell.
8. Az állami finanszírozású vízbázisvédelmi program végrehajtását (újraindítását) mielőbb meg kell kezdeni a 123/1997 (VII.18.) sz. Korm. rend. előírásainak megfelelően a miskolci hidegvízű vízműforrások védelme érdekében. A vízbázisvédelem folyamatába a diagnosztikán kívül beletartozik a biztonságba helyezés és a biztonságban tartás is. E két utóbbi feladat teljesítése nem képzelhető el egyéb pénzügyi források igénybevétele nélkül. (Ez lényegében a meglévő, hatályos védőidomon kijelölt, aktualizált feladatok megoldását is jelenti.)
9. Feltétlenül célszerű figyelembe venni a kutatásoknál és a különböző szintű döntéseknél, hogy a bükki hideg és meleg karsztvizek csak technikai értelemben választhatók szét egymástól, azok elválaszthatatlan egységet alkotnak és ennek a vízműszervezetek kapcsolatrendszerében is meg kell jelennie.
10. A hideg és meleg karsztvízrendszer szoros kapcsolata miatt, a város egészét érintő melegkarsztvíz termelésére vonatkozó védőidom kijelölését csak akkor tartjuk kivitelezhetőnek, ha a hideg karsztvíz szerepét is vizsgáljuk az utánpótlódási viszonyok elemzésénél.
11. A sok éves hidrogeológiai munkával megismert potenciális szennyező források (Juhdöglő-völgy, Várhegyi kőbánya, Kisköves – Komlóstető, Nagykömázsa, a Miskolctapolcai Vízmű és közvetlen környezete, Bükkszentlászló – Tatárárok (Mexikó-völgy), Répáshuta – Balla-

- völgy) aktualizált feltárása mellett minden kritikát kibíró, megismételt víznyomjelzéseket kell végezni, elsősorban nagy, vagy közepes vízhozamok (karsztvízszintek) mellett.
12. Ezeken a területeken a szennyezés lehetőségét meg kell szüntetni a szennyező anyag keletkezésének megszüntetésével (ami igen jelentős tudati fejlődést és hosszú időt kíván) és az időszakos patakmedrek vízzáróságának megoldásával (ami jelentős költségeket jelent).
  13. A Juhdöglő-völgyi tómedence aljzatának részletes víz-zárósági vizsgálata, a vízzáró szigetelés szükségességének eldöntésére, a Juhdöglői-átesz túlfolyó hozamának kezelése, az átesz gátkorona megemlése vagy/és az átbukó hozamok zárt vezetéken való levezetése, a nyelő lehetőségeinek megvizsgálása, esetleges kiváltása.
  14. A legfontosabb források (Miskolctapolca, Anna-, Szinva-, Tavi-, Felső-, Szent György) esetében a termelt vízmennyiség mellett a túlfolyó (ökológiai) vízmennyiségek szabatos, kb. hetenkénti rendszeres meghatározása (esetleg folyamatos észlelése) a vízminőségi adatok értelmezéséhez nélkülözhetetlen.
  15. Városi és hatósági segítséggel olyan egyeztetett helyi jogszabályokat, ill. működő munkakapcsolatokat kell alkotni, ill. kialakítani, amelyek a karszt jellegének megfelelően biztosítják a hatékony vízbázisvédelmet, valamint a folyamatos hatósági ellenőrzést.
  16. Az építési engedélyeket szigorúbb – elsősorban vízbázisvédelmi – feltételekhez kell kötni és a feltételek betartását sokkal szigorúbban kell a helyszínen ellenőrizni.
  17. Az országos és/vagy európai léptékű pályázatok lehetőségét át kell tekinteni, hogy főleg EU-s pénzből oldja meg ezt a hatalmas hulladék-felszámolási és/vagy izolálási, szennyvíz-csatormázási és kezelési, ivóvízvezeték rekonstrukciós, valamint hatósági ellenőrzési problémát a város és a környezetében lévő néhány település.
  18. Azt sem szabad elfelejtenünk, hogy a karszterületeinket sohasem tudjuk teljesen megtisztítani, a folyamatos veszélyeztetés állandó odafigyelést és karbantartást (pénzt) igényel, havaria esetére folyamatosan fel kell készülni, valamint a bekövetkezett havaria káros következményeit folyamatosan fel kell számolni.
  19. Ki kell dolgozni egy riasztási szinteket tartalmazó rendszert csapadékok, vízszintváltozások, jelzésértékű vízminőség-változások alapján az árvízi (riasztási) szintekhez hasonlóan és azt folyamatosan üzemben kell tartani.
  20. A megfelelő vízminőség fokozott mértékű biztosítása érdekében az eddigi mintavételezési gyakorlaton jelentősen változtatni kell. A víztermelő telepeken mindenkor párhuzamosan kell vízmintát venni a nyers és a kezelt (főleg a klórozott) vízből. Ezen túlmenően egységesen meghatározott vízmintavételi helyeket kell kijelölni, azt minden mintavevő szervvel tudatosítani kell, hogy a minták a különböző mintavételek esetén is összehasonlíthatóak legyenek. Továbbá rendszeres gyakorisággal bakteriológiai és vízkémiai vízmintákat kell venni és vizsgálni azon területek vizeiből, amelyekről szennyezés kerülhet a karsztvízrendszerbe. A mintavételi gyakoriság illeszkedjen a riasztási szintekhez.
  21. Létre kell hozni egy olyan „havaria bizottságot”, ahol a magas riasztási szinteknél az operatív emberek mellett karszthidrogeológiai szakember is jelen van, s amelynek anyagi és szervezési lehetőségeivel az azonnali (és csak a havaria bekövetkezésekor aktuális) karszthidrogeológiai, vízkémiai, bakteriológiai, vízbiológiai stb. kutatások érdemben és azonnal elvégezhetőek, ill. magas riasztási szintek esetén a jelenlegi diszpécseri szintet meg kell emelni.
  22. A rendszeres de elsősorban a havaria esetén vett vízminták elemzési eredményeinek, ill. egyéb elvégzett kutatási eredményeknek minden érdekelt számára kölcsönösségi alapon azonnal elérhetőnek kell lennie.
  23. Egy tartós, a MIVÍZ Kft anyagi lehetőségeit messze meghaladó szakmai munka megszervezésére, a pénzeszközök megszerzésére, a beruházások lebonyolítására, a kutatási,

víztermelési, államigazgatási és hatósági munka koordinálására létre kellene hozni egy állandó bizottságot pl. Miskolci Karszvízbázisvédelmi Bizottság néven, mely közvetlenül a Polgármester alá tartozna. Ennek a bizottságnak a vezetését a Miskolci Egyetem láthatná el a Bükki Karszvízszint Monitoring Rendszeren keresztül, a bizottság tagjait a Polgármesteri Hivatal, a MIVÍZ Kft, a VFV Zrt., Miskolc, az ÁNTSZ, az ÉmiKTVF, az ÉKÖVIZIG és a BNPI adná és döntően szakmai tevékenységet végezne, végeztetne, ellenőrizne.

A tiszta karsztvíz tartós biztosításához három úton (esetleg azok kombinációjával) lehet eljutni:

- szüntessük meg a keletkezési helyén a szennyezést (lakossági szennyezés esetén elvileg ez, ha nehezen is, megoldható, de gyakorlatban ez ma még az emberek tudati szintjét és anyagi lehetőségeit ismerve nem fog menni),
- akadályozzuk meg a szennyezett víznek a karsztba jutását az időszakos patakmedrek vízzáró burkolásával (drága, és a környezetvédők ellenvetésére is lehet számítani),
- szükség szerint tisztítsuk meg a forráson kilépő karsztvizet (drága, folyamatosan fenntartott technológiát kell alkalmazni).

Valószínű, hogy az időszakos patakmedrek valamilyen burkolásával, a miskolctapolcai források árvízi hozamainak szükség szerinti tisztításával, ily módon komplex megoldással érhetünk célt a legkisebb befektetéssel, de csak akkor, ha az emberek „vízbázisvédelmi tudati átnevelését” sem hanyagoljuk el.

### Irodalom

- Biondic, B. – Bakalowicz, M. (1995): Hydrogeological aspects of groundwater protection in karstic area. European Commission, COST action 65. Final report, EUR 16547 EN, Brussel.
- Havas L. [szerk.] (1995): A bükki és az É-borsodi karsztrendszer földtani-vízföldtani és szimulációs modellje. Távlati vízbázisok biztonságba helyezésének programja. BKMI, Budapest.
- Kádár S. – Lénárt L. (2006): Vízzennyezés tényfeltáró bizottság végső jelentése. Miskolc Megyei Jogú Város Polgármesterének felkérése, Miskolc.
- Kordos L. (1983): Európa karszterületei. Egyetemi jegyzet, Debrecen.
- Lénárt L. (2005): Some aspects of the „3E's” (Economics-Environment-Ethics) model for sustainable water usage in the transboundary Slovakian and Aggtelek karst region based on some examples from the Bükk mountains. PhD Thesis Work, Kassa/Košice.
- Lénárt L. (2006): A Bükkben keletkezett kitermelhető (meleg)karsztvíz-készlet folyamatos meghatározásának módszere (II.)XV/b. (A 2002. 08. 28. - 2006. 01. 01. közötti mérési eredmények értékelése.) Miskolci Vízművek Rt megbízás.
- Lénárt L. (2006): A Bükkben keletkezett kitermelhető karsztvízkészlet meghatározásának módszere XV. Miskolci Vízművek Rt, Észak-magyarországi Regionális Vízművek Rt, Heves megyei Vízművek Rt, Mezőkövesdi VG Rt, Smaragd GSH-Kft, Miskolci Egyetem megbízás.
- Lénárt L. (2006): A miskolctapolcai új-kút szennyező forrásainak feltárása, műszaki megoldási javaslatok a hosszútávú, biztonságos karsztvíztermelés biztosításához. Miskolci Vízművek Rt megbízás.
- Liebe, P. [Editor] (2002): Guide groundwaters in Hungary. Compiled by The Hydrological Institute of VITUKI Plc. Ministry of Environment and Water. Budapest.
- Liebe P. [szerk.] (1994): Magyarország vízkészleteinek állapotértékelése. VITUKI Rt., Budapest.
- Szabó E. – Pomázi I. [szerk.] (2003): Magyarország környezeti mutatói 2002. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Budapest.

**Buócz Zoltán**

### **Ásványi nyersanyagtermelés és környezeti hatásai Észak-Magyarországon**

A tanulmányban röviden bemutatásra kerül hazai és nemzetközi összehasonlításban Észak-Magyarország ásványi nyersanyag vagyona, a termelés nagysága. Röviden bemutatjuk a bányászat nemzetközi és európai helyzetét, valamint a jelenleg folyó bányászati tevékenység környezeti problémáit, hatásait, s annak értékelési lehetőségét.

#### **Észak-Magyarország ásványi nyersanyagai**

A térség ásványi nyersanyagairól országos összefüggésben szólunk, de napjainkban nem lehet az ásványvagyon-gazdálkodás kérdéseit nemzetközi kitekintés nélkül érinteni.

A Magyar Geológiai Szolgálat által kiadott ásványvagyon nyilvántartási évkönyvben 62 db nemfém ásványi nyersanyag szerepel a tözegtől, a kerámiaiipari agyagig, ill. ABC rendbe említve az alginittől a zeolitig, valamint 3 kőszénfélése, 14 ércásvány, valamint kőolaj, földgáz és széndioxidgáz.

A MGSz által készített országrészek szerinti csoportosításban Észak-Magyarország, mint a Miskolci Bányakapitánysághoz tartozó területek összessége szerepel, azaz 4 megye adatait tartalmazza: Borsod-Abaúj-Zemplén, Nógrád, Heves, Szabolcs-Szatmár.

A négy megye lakosságát és területét tekintve kb. 20%-os arányt képvisel az országban.

Az észak-magyarországi területi nyilvántartásban 37 nemfém ásványi nyersanyag, 2 féle szén és 9 különféle ércásvány fordul elő, összesen 48, azaz a teljes nyilvántartott hazai ásványi nyersanyagválaszték kb. 60%-a. A jelentősebb nyersanyagok közül csak a szénhidrogének, a feketeszen, a bauxit, az urán, a mangán, valamint az üveghomok hiányzik az észak-magyarországi megyék ásványvagyonából.

Ha a bányaterületek számát vizsgáljuk, a régió részvétele már nem mutat ilyen kedvező arányt, a nyilvántartott bányaterületekből mintegy 22% található É-Magyarországon. Jelentősen meghaladja ezt az arányt viszont a szén, valamint a bauxitot leszámítva az érces bányaterületek aránya. Környezetvédelmi szempontból előnyösnek tekinthetjük, hogy a bányaterületek száma a régióban területarányosan nem haladja meg az országos átlagot. Figyelemre méltó, hogy a nyilvántartott bányaterületek száma 10 év alatt országosan csaknem ezerrel nőtt (kb. 3500-ra), s ez több mint 30%-os növekedés, ami a régióra is igaz. A régió négy megyéjében a bányaterületek összes száma 2006 év elején a nemfém ásványi nyersanyagok (energiahordozók nélkül) csoportjában 580, ebből 227 a működő bánya.

A nyilvántartott hazai bányaterületek darabszámát és ásványvagyon adatait az 1. táblázatban adjuk meg ásványi nyersanyag főcsoportonkénti bontásban. A földtani készletek a teljes számbavett ásványvagyon, az ipari a műrevaló, azaz gazdaságosan kitermelhető kategóriát jelenti. A táblázatok alapján megállapítható, hogy a földtani valamint a gazdaságosan kitermelhető készletek nagysága között minden ásványi nyersanyag főcsoport esetén nagy a különbség. Ez bizonyos mértékig érthető és magyarázható műszaki, geológiai, geotechnikai, azaz a bonitási tényezőkkel, de jelentős szerepet játszanak a gyenge műrevalósági hányadban a kvalitási tényezők, amelyek alapvetően az ásványvagyon minőségével kapcsolatosak és annak az értékét határozzák meg. A földtani készletekhez viszonyítva a műrevaló készletek jellemző aránya 0,1-0,5 között van.

Látható az adatok alapján, hogy nagyon sok bányaterület található az országban, ami az ásványvagyon nyilvántartás szempontjából indokolt is. Amikor egyes területeket bármilyen más célra kívánunk felhasználni, akkor mérlegelni kell, hogy a nemzeti kincsnek számító ásványvagyon sorsa hogyan alakul a jövőben.

1. táblázat: A hazai bányaterületek 2003. évi adatai

Nyersanyag főcsoport	bányaterület [db]				termelés	vagyon [Mt]	
	szabad	működő	leállított	összes	Mt/év	ipari	földtani
Feketeszén	10	2	6	18	0.67	199	1597
Barnaszén	102	13	92	207	4.1	187	3210
Lignit	12	2	0	14	8.6	2942	5811
Kőolaj	24	75	20	119	1.1	21	221
Földgáz	44	124	24	192	3.1	69	176
Vasérc	0	0	7	7	0	0	43
Mangán	0	4	2	6	0.048	2.5	80
Ólom-cinkérc	2	0	5	7	0	0	91
Rézérc	3	0	2	5	0	0	781
Nemesfémérc	2	0	2	4	0	1.1	36.6
Uránérc	1	0	5	6	0	0	26.7
Bauxit	216	8	38	262	0.7	39	131
Ásványbányászati nyersanyagok	104	64	37	205	2.90	1062	3198
Tőzeg lápföld-lápmész	325	54	70	449	0.12	111	182
Cement- és mészipari nyersanyagok	15	19	16	50	5.83	1155	2720
Építő- és díszkőipari nyersanyagok	61	150	65	276	10.09	2081	3813
Építőipari homok, kavics	380	582	297	1259	42.03	3756	6407
Kerámia ipari nyersanyagok	78	134	68	280	4.10	1007	1787
Összesen	1379	1231	756	3366	83.39	12633	30311

*Forrás: MGSZ adatai alapján*

Gondos mérlegelést kíván, ha netán végleges terület igénybevételről lenne szó, mit nyerünk, s mit veszítünk a terület más célú hasznosításával.

Az Észak-magyarországi ásványvagyon-készletek jelentős hányadot képviselnek az ország ásványvagyonából. A szénhidrogének, és néhány érc - amint már említettük - régióinkban nem ismert, a nyilvántartott rézérc, vasérc, ólom-cinkérc pedig teljes mennyiségében itt fordul elő. Csekély vasérc mellett, jelentős mennyiségű réz, valamint az ólom-cinkérc található a régióban.

A barnaszéneknek mintegy 40 %-a, található a területünkön, lignit esetén még kedvezőbb a mutató, hiszen a nyugat-dunántúli toronyi előfordulást leszámítva a teljes vagyon, azaz a hazai készletek 85-90 %-a régióinkban található.

A nemfémes ásványi nyersanyagok közül, az ásványbányászati nyersanyagok és az építőipari homok és kavics esetén 50 %-ot meghaladó arányban szerepel régióink az ásványvagyon nyilvántartásban, több mint 15 %-nyi a cement és mészipari nyersanyag, s jelentéktelen az ásványvagyon tőzegekből.

Az 1. táblázat alapján megállapítható, hogy az aktuális évi termelésből számítható készlet ellátottsági várható élettartam, kőolaj és földgáz esetén viszonylag rövid (20-30 év), míg szén esetén, főleg a lignitnek köszönhetően 100 éves távlatokban megoldást jelenthet a hazai energia ellátásban.

Nemfémes ásványi nyersanyagok esetén az ellátottság országos szinten és régióinkban is jónak mondható, hiszen a legkisebb érték is 70 évet jelent. Egyes nyersanyagok esetén a készletek nagysága miatt a megkutatottság nem teljes, mert nem volt szükség, s gazdaságilag sem indokolt a készletek teljes pontosságú tisztázása. Részben ezek alkotják a reménybeli előfordulásokat.

### **A gazdaságosság és a munkahelyek vándorlása**

Olyan nyersanyagok esetén ahol nincs semmiféle hazai ill. külföldi konkurencia, ott egyértelműen az igények szabják meg az ásvány nyersanyagok termelési ütemét, míg bármilyen konkurencia jelenléte esetén az ásványi nyersanyagok felhasználás helyén számított költségei és a piaci ára szabályozza a termelést mind a termelés helye, mind pedig nagysága tekintetében. Azok az ásványi nyersanyagok, amelyek területileg szétszórtnak, viszonylag egyenletes eloszlásban találhatók meg, azoknak az árban a nagyobb szállítási távolságok szállítási költségei nem realizálhatók, azaz ezeket az ásványi nyersanyagokat a termelési hely közelében kell felhasználni, ellenkező esetben gazdaságtalan lesz a kitermelésük. (Később ennek környezetvédelmi hátrányairól szólunk.) Természetesen a kérdés nem ennyire egyszerű, mivel a természeti adottságok különbözőségéből származó különbözőzeti járadék, valamint a helyettesítő termékek határköltségre gyakorolt hatása, valamint a termékek minősége jelentősen befolyásolja a gazdaságosságot ill. az értékesíthetőséget.

Itt térnénk ki röviden a nemzetközi összefüggésekre is, ami a régiókon túl mutat, de bizonyos mértékű általánosítást lehetővé tesz.

### ***A bányászat nemzetközi helyzete***

Európában, annak is elsősorban a NY-i felén (és hazánkban is) a bányászat ill. annak egyes szakágazatai mind nehezebb helyzetbe kerülnek, a nemzetgazdaságokon belül egyre inkább háttérbe szorulnak. A jelenség egy-egy ország ill. országrész vonatkozásában a történelem során többször megfigyelhető volt. Számítalan példát találunk arra, hogy egy település, körzet, ország ásványi nyersanyaga révén hirtelen virágzásnak indult, majd a lelőhelyek kimerülése után gyors hanyatlás következett be. A leglátványosabb példakkal a XIX. századi aranyláz által érintett területek szolgálnak, ahol esetenként ez a fellendülés csupán évekig, jobb esetben néhány évtizedig tartott. Hazai példákat is tudunk sorolni elsősorban a középkori nemesfém bányászat, majd a réz és vasércbányászat kapcsán. Gondoljunk Telkibányára, Rudabányára, vagy Selmezbányára. Az ipari forradalomhoz kapcsolható a szénbányászat fellendülése, s az azóta eltelt mintegy 250 év számos példát mutatott a fentiekre hazánkban is. Napjainkban zajlik ill. fejeződik be a nógrádi, borsodi, komáromi, mecseki, közép-dunántúli szénmedencék teljes bezárása. Ennek is vannak jelentős társadalmi és környezetvédelmi problémái, olyanok amelyek általában a hanyatló térségeket jellemzi.

A bányabezárásokhoz, s ehhez kapcsolódva egy-egy körzetnek a lecsúszásához nem mindig az ásványvagyon kimerülése, kifogyása vezet, nagyon gyakran a kitermelés gazdaságtalan volta kényszeríti ki ezt a lépést. Az ásványvagyon műrevalósága mindig az adott gazdasági feltételek között értelmezhető, s ezt jelentősen befolyásolja a különbözőzeti bányajáradék járadék alakulása. Amennyiben ezt nem szorosan csak a természeti körülmények eltérő voltára vezetjük vissza, hanem beleértjük, ill. hozzászámítjuk a munkaerő eltérő költségeit, a technikai, technológiai eltérések költségvonatait, valamint az egyes szervezetek (kormányok, gazdasági társulások) költségcsökkentő támogatásait, dömpingárait, más esetekben árnövelő megállapodásait is, akkor érzékelhető, hogy a bányászat gazdaságossága, az ásványi nyersanyagkészletek műrevalósága rendkívül gyors változásoknak, sokszor kiszámíthatatlan külső hatásoknak van kitéve. Miért jelent ez problémát? Egy olyan iparág esetében, ahol a termelő egységek telepítési helye viszonylag szabadon választható meg, (esetleg át is telepíthető), a termelőegységek termelésbe állítása, ill. a termelés csökkentése, megszüntetése, újraindítása rövid idő alatt, kis költségekkel megoldható. Még egy ilyen iparág esetében is komoly problémákat, lokális (regionális) gazdasági, társadalmi válságot eredményeznek ezek a változtatások, a bányászat esetében az ismert kötöttségek miatt ezek a hatások fokozottan érvényesülnek és katasztrofális válságokat eredményezhetnek.

Visszatérve Európa helyzetére. Az elmúlt néhány évtizedben, nagyon erőteljesen az utolsó 20-30 évben Európában a hagyományos érc-, bizonyos ásványbányászati és szénbányászati kapacitások visszaszorultak, néhány országban teljesen megszűnt a szénbányászat. Ennek alapvető oka a lelőhelyek kimerülése mellett az Európai kontinensen kívüli lelőhelyek esetén érvényesülő gazdasági előny (magas különbözeti járadék és egyéb kedvezmények), valamint a relatíve olcsó vízi (tengeri, folyami) szállítási költségek. Európában a bányászat minden ágát egyre nagyobb mértékben terhelik a környezetvédelemmel kapcsolatos költségek, ami önmagában nem lenne baj, hiszen az externális költségek internalizálásáról van szó, de komparatív hátrányt jelent azokkal szemben, ahol ezek a költségek nem jelentkeznek.

Azon bányatermékek esetén, ahol ez a verseny teljes mértékben eldőlt, vagy eldőlni látszik az Európán kívüli területek javára, fennáll az árrobbanás veszélye a monopol helyzet kialakulása miatt. Nyilvánvaló, hogy ez ellensúlyozható, de bányászat vonatkozásában ennek az időtartama többnyire megközelíti az egy évtizedet elsősorban a hosszú időtartamú beruházások bányanyitások miatt. (Gondoljunk a 70-es évek olajválságára, amikor az árak letörésében jelentős szerepet játszottak az energiatakarékossági megoldások mellett az újonnan feltárt és termelésbe állított É-európai lelőhelyek is.) A másik megoldás is kézenfekvő, csak borzasztóan veszélyes, erre a Közel-Kelet folyamatos háborús válságai mutatnak példát, amelyekben nem kis szerepe van az itt található hatalmas kőolaj tartaléknak.

A vázolt helyzet terhei hazai vonatkozásban is megmutatkoznak, elsősorban a mélyművelésű szénbányászatunk teljes ellehetetlenülésében, valamint a recki mélyszinti rézérc lelőhely kiaknázásának három évtizedes folyamatos halasztásában, s jelenlegi átmeneti szüneteltetésében. Az uránbányászatunk néhány éve fejezte be termelő tevékenységét.

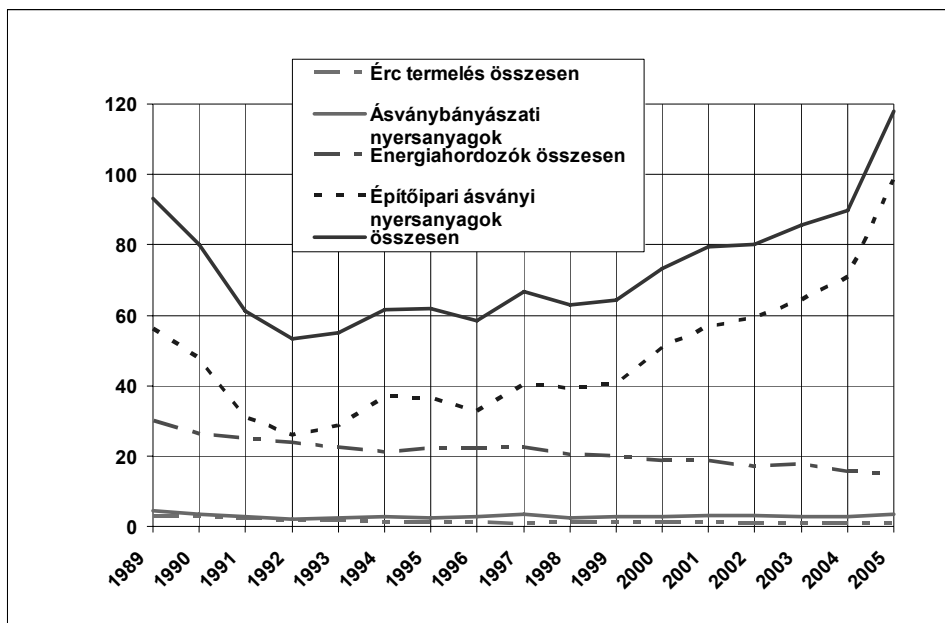
Kiemelkedő pozitív hatásokkal a határokhoz közeli építőipari kő- és kavicsbányászatunk számolhat, ahol a kis szállítási távolságok következtében eséllyel értékesítenek külföldön is. Ez számottevő előnyt jelenleg az osztrák határ közelében jelent, de régióinkból is szállítanak szlovák vevőknek.

#### ***A termelés várható alakulás a közeljövőben***

Az ásványi nyersanyagtermelés alakulása mindig szorosan kapcsolódik az ország gazdasági helyzetéhez. Ez különösen élesen jelentkezett az elmúlt két évtizedben, s a régióink ezt különösen megszenvedte a 90-es években. (1. ábra).

Az energiahordozók közül az olaj termelés lassú ütemben 1,8 Mt/évről 1,1 Mt/év-re, a földgáz 5,5 Gm<sup>3</sup>/év-ről 3,2 Gm<sup>3</sup>/év-re csökkent. A széntermelésünk a lignit kitermelés emelkedése ellenére jelentősen visszaesett, ma már alig haladja meg a 11 Mt-át. A '90-es években tapasztalható visszaesésben a mélyművelésű szénbányászat gazdasági nehézségei mellett döntő szerepet játszott az ipari termelés visszaesése, s az ezzel párosuló energiaigény csökkenés, az olcsó import és az irreálisan alacsonyan tartott gázár. Kisebb mértékben szerepel a lakossági fogyasztás csökkenése is. Az energiahordozók területén a termelés visszaesés 1989-2004 között összességében elérte a 15 Mt-át, azaz felére csökkent a termelés. Hasonló, de méreteiben jelentősebb visszaesés tapasztalható az ércbányászati nyersanyag csoportban. Az ásványbányászati termelés több mint 50%-os csökkenés után lassú emelkedéssel kb. a korábbi termelés 2/3-ára emelkedett.

Az építőipari ásványi nyersanyagok esetén a termelés 1992-ben érte el a mélypontját, amikor több mint 30 Mt-val csökkent a termelt mennyiség '89-hez viszonyítva. Ezt követően termelésnövekedés következett, ami a 2001-ben elérte a '89-es 56 Mt-át, s 2005-ben abszolút rekordot érve el 90 Mt felett volt. Ez a növekedés az útépitési és a lakásépítési konjunktúrának köszönhető. (1. táblázat).



1. ábra: A hazai bányászati termelés alakulása 1989-2005 között

Forrás: Magyar Geológia Szolgálat évkönyvei

Az ásványi nyersanyagtermelés összes mennyiségének alakulását lényegében véve az építőanyagipari nyersanyagok termelésének változása döntően befolyásolta, s ennek köszönhetően erősen emelkedő tendenciát jelez, s jelentősen felülmúltuk az 1989-es 94 millió tonnát (2005-ben 117 Mt).

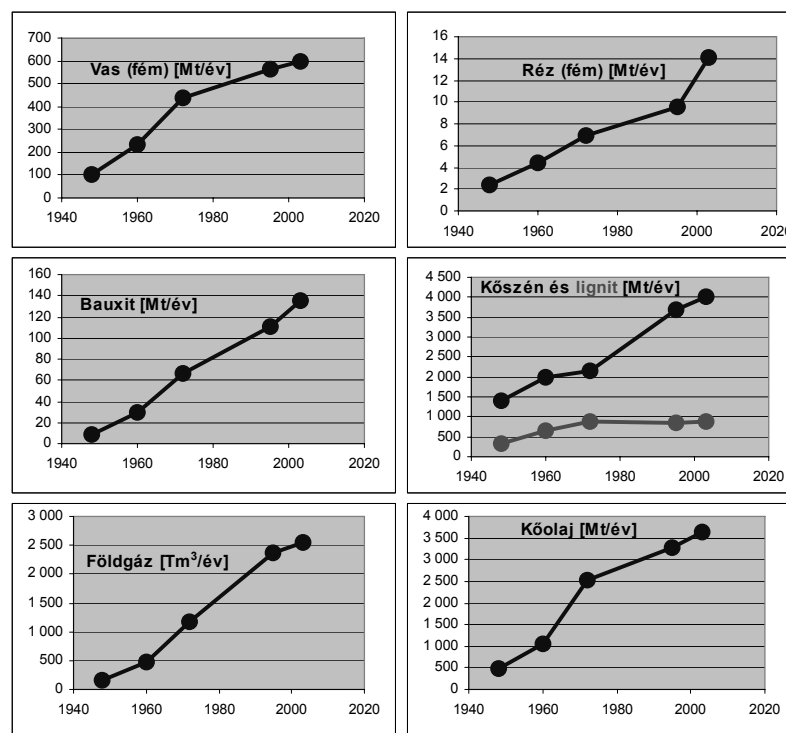
A régió termelési adatai hasonló tendencia szerint változtak, a fellendülés kicsit késett, ami mutatja a Ny-i országrész gazdasági helyzetének korábbi javulását. Az M3-as, M30-as autópálya építésének folytatása, a térség iparának megújulása, a lakásépítések, néhány kisebb energetikai fejlesztés, környezetvédelmi beruházás (regionális lerakók) hatása, a beruházások fokozatosan bekövetkező áthelyeződése a keleti országrészre kilendítette a bányászati iparágat abból a mélyrepülésből, ahova az elmúlt évtizedben került. Amint az elmondottakból is kiderül ez együtt járt a korábban uralkodó jellegű szénbányászat erős visszaesésével, s a külfejtéses nem fémes ipari nyersanyagok kitermelésének fellendülésével.

A folyamatok bonyolultságára jellemző, hogy további változásokra, esetleg kisebb mértékű visszarendeződésre számíthatunk az energiahordozók bányászata területén a gázárak gyors és még be nem fejeződött emelkedése, a fatüzelésű erőművek erőltetett mértékű növekedése, az import energiahordozók túlzott mértékű igénybevétele miatt. Stabil termelési szint várható a visontai és bükkábrányi lignit külfejtésekben, sőt ha a tervezett erőműi bővítés létre jön, a termelés néhány millió tonnás növekedése is bekövetkezik.

### Környezeti teljesítmény és mérési lehetősége a bányaiiparban

A termelés mélypontja a rendszerváltás utáni időszakban 1992-ben volt, amikor a teljes hazai nyersanyagtermelés kb. 53 Mt-t jelentett. A jelenlegi termelés nagysága (90 Mt) és a várható fejlődés pozitív jelenség, ugyanakkor nem szabad megfeledkezni arról, hogy a bányászat során jelentős mértékben beavatkozunk a természet normál folyamataiba, többnyire olyan változásokat

okozva, amelyek visszafordíthatatlanok. Hosszú ideje komoly ellentét feszül a környezetvédelem és a bányászat között, amelyre a fenntartható fejlődés keretei között megoldást kell találni. Azokat a véleményeket, hangokat, amelyek a bányászat teljes visszaszorítását, leállítását követelik, nyilvánvalóan nem lehet komolyan venni, hiszen a világ nyersanyag igénye folyamatosan nő, minden csökkentési törekvés ellenére is, amint ezt a 2. ábra is bizonyítja. Ez vonatkozik sok olyan anyagra is amelyet korszerűtlennek tartanak, s már hosszú ideje előrejelzik termelésének visszaesését (pl. réz). A visszaforgatás, az újrahasznosítás, az anyag- és energiatakarékosság, a helyettesítő anyagok használata a megújuló energiaforrások igénybevételének növekedése mind csak csökkenti a növekedés ütemét, de megállítani eddig nem tudta. Ennek következtében, valamint a fejlett és fejlődő világ közötti rendkívül nagy különbségek szükségszerű csökkentése miatt, arra kell felkészülni, hogy a bányászat termelése elkerülhetetlenül növekedni fog, ha a nyersanyagigényeket a megfelelő szinten ki akarjuk elégíteni. Nincs tehát más megoldás, mint megtalálni a bányászat és a környezetvédelem összhangját, megteremtve azt az együttműködést, amellyel a szükséges anyagok kitermelése a környezet legkisebb zavarásával, károsításával valósulhat meg.



2. ábra: A világ nyersanyag termelésének alakulása 1948-2003 között

*Forrás:* saját szerkesztés, KSH és szakmai adattárak adatai alapján

Igaz ez a megállapítás a régióinkra is. Egyes nyersanyagok (ipari ásványok, lignit) országos sőt nemzetközi jelentőségű előfordulások, nem nélkülözhetők, széles piacuk van, a másik csoportba azok a főleg építőipari nyersanyagok tartoznak, amelyek kitermelése csak a felhasználási hely közelében gazdaságos, de ezekre is szükség van a nemzetgazdaság fejlődése érdekében.

### **Környezeti teljesítmény**

A környezeti teljesítmény a Környezetirányítási Rendszerek (KIR) egyik fontos fogalma, ami alatt a gyakorlatban az alábbiakat értik:

„A környezeti teljesítményen a vállalat (vagy egyéb, hasonlóan funkcionáló szervezet) környezeti terhelésének összességét, valamint az ennek csökkentésére tett erőfeszítéseket értjük. Ez vonatkozik mind a működés, mind a termékek és szolgáltatások által okozott környezetkárosító hatásokra. A környezeti teljesítmény tehát a vállalat „rendes” (pl. gyártási) tevékenysége során a környezetre és emberi egészségre gyakorolt hatások és az ezek csökkentésére tett intézkedések összessége.”

A külszíni bányászatot környezeti hatásai miatt gyakran marasztalják el, sok esetben a természetvédők, környezetvédők támadásainak keresztútjében áll, s nagyon nehéz jelenleg a bányák környezeti hatásairól egzakt módon szót váltani, mivel hiányoznak azok a mutatószámok, paraméterek, amelyekkel ezek a hatások egyértelműen jellemezhetők.

A külfajtések környezeti hatásai csaknem valamennyi környezeti elemet és rendszert érintik a litoszférától az energiamezőkön keresztül az atmoszféráig, az ökológiai rendszerektől a tájig. Olyan mérőszámrendszerre van tehát szükség, amely valamennyi környezeti hatást és annak nagyságát jellemezni tudja. Az értékelésnek nem csak a bányák kibocsátásaira kell kiterjedni, hanem az emissziók térbeli eloszlására és az üzem környezetében fellelhető hatásviselők terhelésére is.

Nagyon lényeges eleme a vizsgálatnak a bányászati tevékenység következtében az ökológiai rendszerben valamint a tájban bekövetkező térbeli és időbeli változások számszerű jellemzése és értékelése. Ezen hatások egy része átmeneti, másik része tartós, egyes hatások visszafordíthatók, mások irreverzibilisek, tehát mindig számolni kell olyan hatásokkal, amelyeket már a tervezés fázisában egzakt módon kell megítélni, mivel nem, vagy nehezen helyrehozható beavatkozásokról kell előzetesen véleményt alkotni.

### **A tervezés helye, szerepe a környezetvédelemben**

A *mérnök* című könyv (Furnas – Carty 1972) a mérnök feladatát már az 1960-as évek közepén úgy fogalmazza meg: *semmit ne pazaroljon, de semmit se nélkülözzön. A mérnöknek takarékoskodnia kell a nyersanyagokkal és az energiával, a legkisebb ráfordítással a legnagyobb hasznot kell elérni. Megőrzi a ritka anyagokat, s újrahasznosítja.* Ezek a ma is időszerű gondolatok a tervezés, a mérnöki tervezés fontosságára valamint a környezetvédelem igényeinek a figyelembevételére, sőt az akkor még nem használt fogalomra a fenntartható fejlődésre hívják fel a figyelmet.

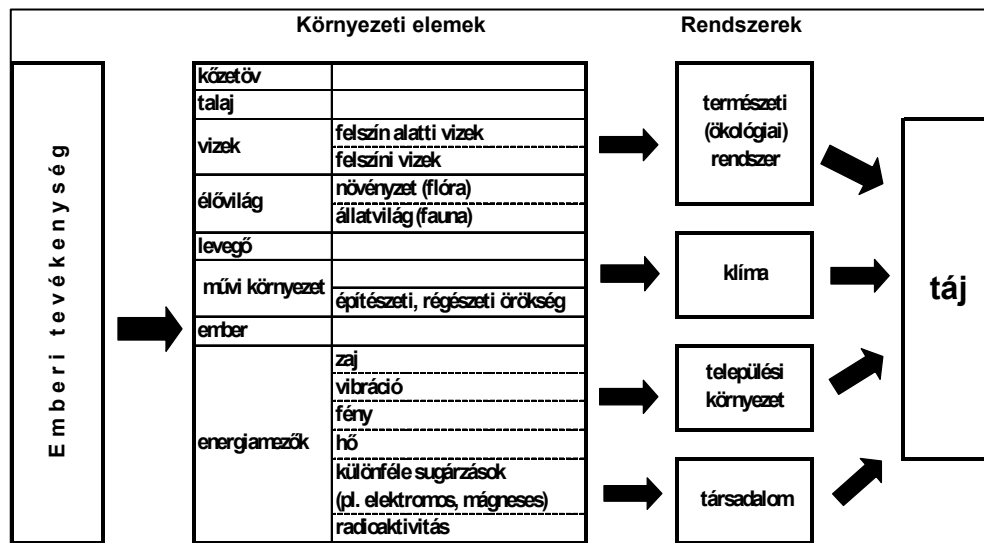
A környezetvédelem irodalmában közismert a környezetvédelmi politikák prioritási sorrendje (a kevésbé hatásos megoldásoktól a hatékonyabbak felé haladva):

- Gyógyító => következmények csökkentése
- Hatásorientált => emissziók csökkentése
- Forrásorientált => emissziók csökkentése
- Megelőző => stratégiai tervezés, szerkezetváltás, innováció, tiszta termelés stb.

Ez a lista is a tervezés, a megelőzés fontosságára utal, s ha a bányászat környezeti teljesítményét akarjuk javítani, akkor erre kell elsődlegesen a figyelmet fordítani.

### **A környezeti hatások értékelésének rendszere**

A környezeti hatások az alábbi táblázatosan összefoglalt rendszerben tárgyalhatók, ahol a környezeti elemek és az energiamezők, valamint az elemek kombinációiként létrejövő rendszerek szerepelnek hatásviselőként. A termelt nyersanyag jellegétől és az alkalmazott művelési módtól függően a tevékenység többségében valamennyi elemre és rendszerre hat.



3. ábra: Környezeti elemek és rendszerek vázlata

Forrás: saját szerkesztés

### A bányászat sajátosságai és a környezeti hatások

A legfontosabb környezeti hatások elemzéséhez át kell tekinteni azokat a tulajdonságokat, amelyek a bányászatot megkülönböztetik a többi ipari tevékenységtől. Ezek a jellemzők elsősorban a munka tárgyának (nyersanyag) sajátos jellegéből fakadnak, és nem csak gazdasági, technikai, hanem környezetvédelmi szempontból is alapvetően meghatározóak. A környezeti problémák jellege és azok megoldása is erősen függ a bányaművelés módjától, az alkalmazott termelési módszerektől, ezért csak röviden utalunk a hatásokra és megoldásokra, részben megválaszolva azokat a környezetvédelemmel kapcsolatos kérdéseket, amelyek a tanulmány első részében felvetődtek. A kérdések részletes kifejtésére hosszabb dolgozatra van szükség, aminek a munkálatai folynak.

1. *A hasznosítható ásványi nyersanyag in situ reprodukálhatatlan*, azaz nem megújuló természeti erőforrásról van szó, s amikor a fenntartható fejlődésről, környezetvédelemről esik szó mindig ezt az egy tulajdonságot ill. ennek egy következményét hangsúlyozzák: végesek a készleteink. Ennek a jellemzőnek azonban vannak egyéb vonzatai is, amelyek nagyon jelentősek környezetvédelmi szempontból. Ezek röviden az alábbiak:

*Munkahelyek folyamatos pótlása:* Mivel a nyersanyag lelőhelyek a Földön különböző helyeken, szétszórva találhatóak és ásványvagyonuk korlátozott, ezért hosszabb-rövidebb idő alatt kimerülnek, a bányákat be kell zárni, más helyen újra kell indítani a folyamatos ellátás érdekében. A bányák ilyen rendszeres „vándorlása” a gazdasági, társadalmi, emberi problémák mellett folyamatosan újra termeli a környezeti problémákat is. Ez eredményezi a bányász települések, körzetek időszakonkénti fellendülését, majd hanyatlását. Ezek az elhagyott bányák, települések, körzetek megfelelő tájrendezés, rekultiváció nélkül hosszantartó környezeti problémák forrásai. A világon sok helyen található teljesen elhagyott volt bányász települések, másutt az elhanyagolt meddőhányók, zagytározók, bányagödörök, katlanok okoznak problémát, előfordulnak helytelenül lezárt felszín alatti térségek, amelyek állandó veszélyt jelentenek a felszínsüllyedések, a kifolyó vizek miatt. (Régiókban számos példa található a fentiekre, amelyek felszámolása megtörtént ill.

folyamatban van: pl. Lyukóbánya bezárása, Gyöngyösorszi ércbánya teljeskörű rekultivációja, Recki ércbánya rekultivációja, több nógrádi, borsodi, hevesi szénbánya bezárása, meddőhányók tájrendezése.)

Egy bányüzemen belül is folyamatos a *munkahelyek mozgása*, vándorlása, a lelőhelyen belül a feltáró, termelő munkahelyek is folyamatosan követik az ásványi nyersanyagot. Ez a bányán belül jelentkező folyamatos mozgás a környezeti hatások állandó térbeli átrendeződését is jelenti, növeli a kitermelendő meddő anyag mennyiségét, jelentős volumenű szállítási munkát követel meg, szükségszerűen jelentkezik a *mozgatási feladatok optimalizálása*, ami a bányatelepítést is döntően befolyásolja. A bányák nyitópontjainak a helyét elsősorban gazdasági és biztonsági szempontok alapján döntik el, de ebben egyre fontosabb szerepet kell kapnia a környezetvédelmi megfontolásoknak.

Néhány gondolat a probléma jelzésére: mélyművelésű bányák nyitópontjait többnyire magaslatoakra kell helyezni biztonsági okok miatt. Amennyiben az aknatornyok, egyéb üzemi létesítmények tájképileg zavaró hatásúak, akkor ezek teljes vagy részleges földalatti elhelyezését is meg lehet oldani. Külfejtéséknél a tájképi hatás csökkentésére több megoldás is kínálkozik a fejtések orientációjának változtatásával, vagy a kulisszás bányaművelés alkalmazásával, amire hazai példák is vannak (Zalahaláp). Végző megoldásként, ha lehetséges élnek azzal is, hogy az eddig hagyományosan külfejtésekkel művelt bányákat (pl. mészkőbánya) föld alá viszik (hazánkban. a fertőrákosi kőfejtőnek vannak mélyművelésű részei).

A nyitópontok optimális telepítési helyének egy másik környezeti vonatkozása: a helyet a minimális mozgás, mozgatási munka alapján választjuk ki, ettől távolodva nő az összes mozgatási munka mennyisége, és ezzel együtt nőnek a költségek és a szállításból eredő környezetszennyezés (zaj, légszennyezés, fokozott anyag- és energiafelhasználás).

*Kapacitás optimum:* Egy bányüzem termelési kapacitásának az optimális nagyságát befolyásolja a bányatelken belül rendelkezésre álló nyersanyag mennyisége. Ilyen természeti feltétel az ipari üzemeket nem korlátozza, de a bányászatban meghatározó jelentőségű. A kapacitás optimális nagyságát a kitermelési költségek minimuma, ill. a haszon maximuma határozza meg. Kis mértékben (10-20%) el lehet térni ettől a termelési kapacitástól, ez a költségek kis mértékű növekedésével jár csak együtt, e fölött azonban már egyre gyorsabban nőnek a költségek. Amennyiben a termelési kapacitástól függő környezeti hatások fellépnek és azok nagyságrendje mérvadó, akkor ezt be kell építeni a költségfüggvénybe, mert az optimális kapacitás nagyságát befolyásolja. Ezen a területen is folyik a részletek kidolgozása, a hatáselemzés. Példaként említhető a kapacitástól függő légszennyezés figyelembevétele, vagy az ásványelőkészítés kapacitástól függő szennyezései. Itt lehet megemlíteni az *externáliákat* (külső költségek), amelynek esetenként meg kell határozni a nagyságát az egzakt értékelés érdekében.

Ide tartozik a *kapacitás kihasználás* kérdése is. A megépített kapacitások kihasználatlanul hagyása rendkívül sok vonatkozásban érinti a környezetvédelmet (anyag és energiapazarlás, felesleges zaj és légszennyezés, esetleg felesleges területfoglalás stb.)

*Ásványvagyon-gazdálkodás:* legfontosabb célja a lelőhelyek ásványvagyonának minél teljesebb kitermelése, hasznosítása, a ki nem termelt készletek megőrzése. Ennek környezetvédelmi szempontból döntő fontossága van, hiszen ha egy megnyitott lelőhelyet csak részlegesen termelnek ki, akkor valahol másutt új bányát kell létesíteni, ha a készleteket tönkreteszik, máshol kell a termelést folytatni, s minden bányá környezetében megjelennek a bányá utóhatásai. Az ásványvagyon „kíméletes kiaknázása” és a gazdaságosság között ellentmondás húzódik, amit éppen környezetvédelmi okokból, és utódainkra való tekintettel meg kell oldani. Ezt a kérdést hatósági ellenőrzési eszközökkel, gazdasági eszközökkel, adóval, szankciókkal lehet rendezni. (Buócz 2004)

2. *Az ásványi előfordulás csak korlátozottan ismerhető meg.* Ez a jellemző abból ered, hogy a hasznosítható nyersanyag a föld mélyében található, s települési, minőségi, egyéb jellemzői, a környező kőzetek tulajdonságai, a hidrogeológiai viszonyok, a természeti veszélyeket okozó tulajdonságok stb. előzetesen csak áttételesen, közvetett úton, mintavételezéssel ismerhetők meg a felszínről (mélyfúrásokkal, geofizikai módszerekkel). A feltárás és a termelés folyamán közvetlen információkat is szerzünk, de ebben a fázisban már egy sor a művelést befolyásoló kérdés, ami a környezetre is hatással van, már eldőlt, s a korábbi döntések többnyire nehezen korrigálhatók.

A korlátozott megismerhetőségéből eredő következmények, amelyeknek ugyancsak vannak környezetvédelmi vonatkozásai:

*Fokozott kockázat terheli a bányászati tevékenységet:* ez gazdasági kockázatot is jelent, mivel a szokásos ipari tevékenységet jellemző gazdasági kockázatokon kívül a bizonytalan természeti körülmények, veszélyek, a nem pontosan ismert minőségi tulajdonságok stb. miatt nő a kockázat mértéke. Ez a fokozott kockázat a természeti környezet vonatkozásában is megjelenik, melynek mértéke függ a művelési módtól, a bányaveszélyek jellegétől és nagyságrendjétől. Jelentősek a föld szilárd kérgéhez kapcsolódó veszélyek (rézsű mozgások, csúszások, omlások), helytelen technológia választása (jövesztés, biztosítás, robbantási paraméterek téves meghatározása stb.), környezeti és biztonsági kockázatot jelent a vízveszély, a gázveszély, a porveszély. Ez utóbbi kettő mérgező, egészségkárosító hatás mellett robbanásveszélyt is jelenthet. A tűzveszély minden bányában jelentkezik, mértéke függ a művelés jellegétől és a termelt anyagtól. Ennek a problémakörnek a környezeti vonatkozásairól részletesebben is szoltunk (Buócz 2002), s szándékunk szerint a jövőben további elemzéseket végzünk.

*El kell érni az optimális megkutatottságot:* Ennek a mértékét elméletileg egyszerűen meg lehet fogalmazni, a gyakorlatban viszont meglehetősen nehéz eldönteni, hogy mikor érjük el az optimumot. Ezt a problémát eddig csak gazdasági oldalról vizsgálták, van azonban környezeti vonatkozása is, hiszen az alacsony szintű megkutatottság termelés közben eredményezhet fokozott környezeti terhelést, a túlzott kutatás pedig a növekvő költségek mellett feleslegesen terhelheti a környezetet. Ennek a kérdésnek egy sor áttételes hatása is lehet a környezetre, ami a kitermelt anyagok összetételének hiányos ismeretéből, az előkészítési technológia rossz kiválasztásából stb. eredhet, s szorosan összefügg az előző pontban tárgyalt kockázat mértékével.

3. *A lelőhely természeti adottságai meghatározzák a gazdaságosságát:* ez azt jelenti, hogy a természeti adottságok komoly mértékben befolyásolják a ráfordításokat, a használati értéket, s ezen keresztül az árat. Döntő hatással vannak az alkalmazható technikára, technológiára és ezen keresztül befolyásolják az élömlátás-igényességet.

Ennek a kérdésnek a környezeti vonatkozásai különösen fontosak, s ebből a megközelítésből talán eddig nem kapott elég figyelmet, de kijelenthető, hogy a *természeti adottságok a környezeti hatások jellegét és nagyságát is befolyásolják.* Ez bonyolult kérdés, mivel az összefüggés több szintű, egyrészt a bányüzem emissziói áttételesen függenek a természeti adottságoktól, másrészt a transzmisszió, s ezen keresztül az imisszió, ill. annak térbeli változása egyértelműen a természeti adottságok (meteorológiai viszonyokat is ideértve) függvénye, harmadsorban pedig a bányüzem környékén található hatásviselők is a természeti adottságokhoz sorolhatók (az ember, az állat- és növényvilág, az épített környezet, az ökológiai rendszer, táj, tájhasználat stb.) A bányüzem helyének kiválasztásánál a természeti adottságokra fokozottan oda kell figyelni. Az eddigiekben felsorolt problémák, kapcsolatok is megkívánják a részletes elemzést, és az egzaktt összefüggések keresését, de talán az itt felvetett kérdések igénylik a legalaposabb elemzést környezetvédelmi oldalról.

4. *A lelőhelyek természeti adottságai eltérőek*, amelyből ugyancsak gazdasági következtetéseket vonhatók le. Ebből vezethető le a *határköltés*, határozható meg az *árcentrum*, és az egyik legfontosabb paraméter a *különbözeti bányajáradék*. Áttételesen természetesen ennek is vannak környezeti vonatkozásai, hiszen az eltérő adottságok következtében a környezeti hatások között is differenciák adódnak, s ezek kezelési költségei is eltérőek lesznek. A környezetvédelmi előírások, követelmények, engedélyeztetési eljárások költségei függenek a természeti adottságoktól, s ilyen értelemben a különözeti járadék nagyságát befolyásolják. Amennyiben érvényt kívánunk szerezni a környezetvédelmi szempontoknak, akkor – mint említettük – az externális költségeket is be kell vonni a vizsgálatba, s ezen keresztül érvényesíthető az értékes területek védelme.

#### ***A bányászat legfontosabb környezeti hatásainak értékeléséről***

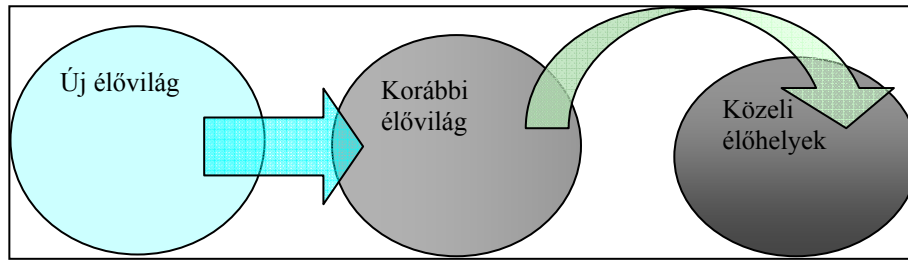
A hatások elemzésének, értékelésének rendszer és a bányászatot jellemző sajátosságok és környezeti hatások áttekintése után röviden bemutatjuk a hatások értékelésének néhány elemét, amelyek elsősorban a tervezés során alkalmazható paraméterek. A szerteágazó probléma miatt most csak a felszíni típusú külfejtésekre koncentrálnunk, s ezen belül sem térünk ki minden elemre.

Ideális termelési és környezethasználati folyamat akkor alakul ki, ha sikerül a természeti környezet állapotát folyamatosan javítani, ez természetesen nem sikerülhet, hiszen vannak átmeneti állapotok, amikor a természeti környezet állapota romlik. Jó eredménynek tekintjük, ha a bánya élettartamának az utolsó szakaszában sikerül elérni az induló állapotot, vagy azt meghaladni. Fokozott figyelmet kell fordítani arra, hogy a bányászat során megváltozott tájat új élővilág foglalja el, fokozatosan kiszorítva a régit. Meg kell teremteni a lehetőséget, kiszoruló élővilágnak, hogy a bánya közeli környékén tovább élési lehetőséget találjon. Ez az alapállás gazdagítja a teljes érintett terület élővilágát, javítja a környezet állapotát.

Környezeti szempontból a bányászat legfontosabb jellemzője: a kitermelt nyersanyag eltávolítása végleges változást okoz a földkéregben. Hazai viszonyaink között a kavicsbányák kitermelése során a bányagödörben tó jön létre, s a nyersanyag nagyobb része is víznívó alóli kitermeléssel kerül a felszínre. Ennek oka a lelőhelyeken magas a talajvízszint, a kavicsbányák nagy része a jelenlegi vagy az ősfolyók kavicssteraszain üzemelnek. A bányató mérete bizonyos határok között szabályozható: maximális méretű tó marad vissza, ha nem töltünk vissza a tóba meddő kőzetet, ill. csak olyan mértékű visszatöltést végzünk, hogy a visszatöltés szintje a vízszint alatt maradjon. Ebben az esetben a humusz, ami nem tölthető vissza a vízszint alatti zónába, értékesítendő, vagy a tó körül kell elhelyezni ill. a rekultivációhoz felhasználni. Minimális méretű tó abban az esetben hagyható vissza, ha a teljes meddő kőzetet a legkisebb mélységű szakaszokon a felszínig töltjük vissza. Ebben az esetben a humusz is felhasználható a visszatöltés során. A tényleges tó minimális méretei a letakarítási aránytól függenek. Nagyon indokolt esetben természetesen idegen helyről hozott anyaggal a teljes bányagödör kitölthető, de ez költséges és nagy mennyiségű tiszta, humusz mentes anyagot igényel, emiatt nagyon ritkán alkalmazzák a teljes feltöltést.

Az esetek döntő többségében tehát bányató marad vissza a bánya területén. Megfigyelhető, hogy már a művelés idején megindul a tó élővilágának a kifejlődése, s a hosszabb élettartamú bányák tavaiban olyan élővilág jön létre, amelynek a védelméről gondoskodni kell. A termelés befejezése után egy teljesen megváltozott táj és élővilág marad vissza.

Az idő függvényében fokozatosan szorul ki a korábbi élővilág a bánya területéről, helyét kis késéssel új élővilág foglalja el. Cél: a kiszorítás olyan ütemben történjék, hogy a legkisebb pusztulást eredményezze (legyen lehetősége a faunának áttelepülnie, a letakarítást vegetációs időszakon kívül kell végezni, területfoglalás költöző madarak távolléte alatt, stb.)



4. ábra: Az élőhelyváltás ideális folyamata a bányászati tevékenység során  
 Forrás: saját szerkesztés

A bányaművelés során mielőbb ki kell alakítani olyan területeket, partszakaszokat, amelyek később már nem változnak (itt tud az új élővilág megtelepülni és fejlődni).

Ehhez tudományos alapon meg kell határozni a bányaművelés befejezését követően kialakítandó új táj (mint rendszer) természeti jellemzőit még a művelés megkezdése előtt (hasznosítási cél, topográfiai viszonyok, élőhely(ek) jellege, telepítendő növényzet, remélt állatvilág stb.) Az új élőhely (természeti) értéke akkor nő, ha a biodiverzitás növekszik, az új környezet (ökoszisztéma) élővilága jobban közelít az emberi beavatkozástól mentes természetes állapothoz, unikális értékek kialakulásának a lehetőségét teremti meg, elhanyagolt, parlagon fekvő területek hasznosítását teszi lehetővé, növeli a környék értékét (pl. turisztikai, rekreációs értékét) stb.

Ezek a változások számszerűen is értékelhetők (pl. Shannon féle diverzitás mutató, Borhidi A. és Simon T. élőhely értékelési módszerek, természetvédelmi kategóriák, eszmei érték, stb.) Az egzakt hatáselemzés érdekében az értékelésnek ki kell terjednie a bányatelek területén kívül a közvetlen környezetre és a közvetett hatások által érintett környezetre is.

Kavicsbányászatban többnyire az a jellemző, hogy a bányatelkeket szántóterületeken alakítják ki, ahol az élővilág értékesebb elemei hiányoznak. A vizes élőhelyek kialakulásával egy lényegesen gazdagabb élővilág alakul ki a tóban és annak környékén, különösen, ha a partok kialakításánál ügyelnek a nyugodt, zavarásmentes szakaszok létesítésére és később ezek védelmére is.

Nagy méretű felszíni típusú külfejtésekben (pl. Visonta) a bányagödrök visszatöltésével több 100 ha terület adható vissza az eredeti művelési ágak a rekultivációt követően. Visontán ez részben történt csak meg, mivel nem is volt igény a szántóföldekre, ezért részben szőlőt telepítettek, hobby kerteket hoztak létre, erdőt telepítettek.

A bányák működésének egyik legtöbb vitát kiváltó képződményei a meddőhányók. Kavicsbányáknál ez a kérdés kevesebb problémát hordoz, mivel a kitermelt és lerakott anyag nem minősül veszélyes hulladéknak, a humuszos talaj és a kavics réteg közötti többnyire kavicsos, homokos, agyagos rétegek találhatóak, néhány méter vastagságban. A kis vastagság és a relatíve csekély mennyiség ellenére a meddő elhelyezésére kialakult hazai gyakorlat tájképi szempontból nem szerencsés. Biztonsági oka is van, hogy ezt a meddőt a bányató körül 2-5 m-es magasságú sáncokban helyezik el. Ennek azonban elsősorban gazdasági oka van, hiszen a legegyszerűbb és a legolcsóbb a letakarított meddőt a bányatelek határvonala mentén felhalmozni, ehhez kell a legkisebb szállítási munka. Tájképileg viszont rendkívül előnytelen a bányatavat körülvevő sánc, mivel – síkvidék van szó – a látótérből teljesen kizárja a tavat, kívülről és belülről is általában rendezetlen, többnyire elgyomosodott növényzet fedi, a tájképet a tó felől teljesen lezárja.

Jobb megoldás, ha a meddőhányót dombként alakítják ki már a termelés során, figyelemmel a későbbi hasznosításra. Sík területen már egy 20-30 m magas domb is jelentős tájképi elemként jelenik meg. A dombot természetes jellegű formával és felületekkel kell kialakítani, kerülni kell

a hosszú egyenes vonalakat, szögletes formákat, s ha olyan növényzettel borítjuk, ami a kilátást nem vagy nem teljesen takarja, kilátópontként is szerephez juthat, sétautak, szánkópálya alakítható ki, ha van rá igény. A tájértékelés legfőbb szempontjai között a domborzat a borítottság és a szegélyhatás, a változatosság fő helyen szerepel, a tájképnél pedig a láthatóság stb. Ezek a tényezők is értékelhetők számszerűen (Csemez 1996), és összehasonlíthatóvá teszik a művelés előtti tájat, tájképet a művelés közbeni és utáni állapottal.

A tó partjai mentén egyébként elegendő 20-30 cm magasságú ellenesésű rézsút kialakítani, ha a tó környezetéből a felszínen víz befolyásával lehet számolni. A tópart egyes szakaszain sekély mélységű mocsaras területek, vízállásos rétek is kialakíthatók, ha az élővilág változatosságát növelni szándékoznak, és erre a lehetőségek adóttak

A végállapot, szakszerű tájrendezéssel, rekultivációval megnyugtatóan kialakítható, a vítát és ellenkezést a sok rendezetlenül visszahagyott, vagy a művelést hosszú éveken keresztül szüneteltető, rendezetlen bánya ill. az üzemelés közbeni átmeneti állapotok váltják ki (ezt nevezik bombasztikus holdbéli tájnak). Célszerű lenne ezért (propaganda szempontból is) a termelés közbeni rekultivációra is jobban odafigyelni, viszonylag kis költséggel csökkenthető lenne a környezet terhelése, a tájkép rontása, ezzel együtt javulna a bányászati tevékenység kedvezőtlen megítélése is. Ennek egyik, talán legfontosabb követelménye, hogy a bányanyitáskor határozott (eldöntött) utóhasznosítási elképzelések alapján lehessen a termelő tevékenységet és a folyamatos rekultivációt folytatni.

Ennek az ideális elképzelésnek egyik akadálya, hogy általában a termelő nem kíván az utóhasznosítással foglalkozni, tehát nem is érdekelt a tájrendezésben, s a lehető legszűkebben értelmezi a bányatörvény megfogalmazását, miszerint a területet vagy újrahásznosítható állapotba kell hozni, vagy tájbaillően kialakítani. Remélhetőleg javul ez a helyzet, és a bányavállalkozók is egyre tudatosabban törekszenek a stratégiai tervezés eszközeit is kihasználva környezetkímélő termelési megoldásokat alkalmazni és értékteremtő rekultivációt, tájrendezést végezni.

## Irodalom

Bányászati adattár 1975, Bányászati és energetikai adattár

Borhidi A. (2002): A növények társadalma, Mindentudás Egyeteme 12. előadás, 2002. december 2.

Buócz Z. – Janositz J. (2002): A környezeti kockázat rendszerelméleti közelítése és kavicsbányászati vonatkozásai Miskolci Egyetem Közleményei A sorozat, Bányászat, 62. kötet 67-82. o.

Buócz Z. (2004): A gazdasági szabályozás egy lehetősége a kavics- és homokbányászat környezeti hatásainak csökkentése érdekében. A Miskolci Egyetem Közleményei. Bányászat és Geotechnika, 66. Miskolc. 75-82. o.

C.C. Furnas – J. McCarty (1972): A mérnök, (Life, A tudomány csodái), Műszaki Könyvkiadó Budapest

Csemez A. (1996): Tájtervezés-tájrendezés. Mezőgazda, Budapest

Izsák J. (2005): Fajközösségek számszerű jellemzésére szolgáló mérőszám: a diverzitási index. Magyar Tudomány. 4.

Magyarország ásványi nyersanyagvagyonai (évkönyvek). Magyar Geológia Szolgálat 1990-2005.

Standovár T. – R.B. Primack (2001): A természetvédelmi biológia alapjai, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.

World Mining Data '93 és '98, 2005.

Takács János – Sallai Ferenc – Lipták Miklós

### Javaslatok a kommunális szennyvíztisztítás és a szennyvíziszap kezelés fejlesztésére

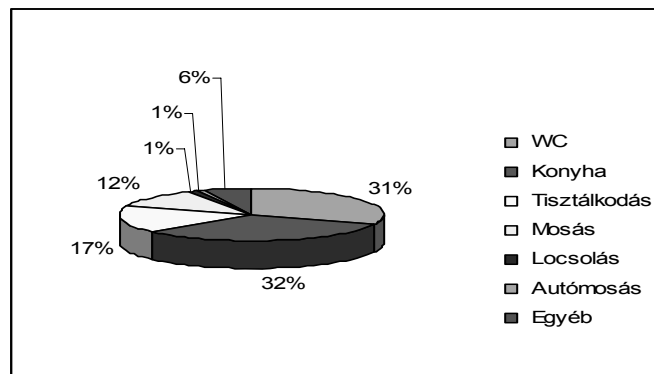
#### Bevezetés

Az élet fenntartásához az egyik legszükségesebb anyag a víz. A vízfelhasználás következménye pedig a szennyvíz. Ezek közé tartozik a kommunális szennyvíz, mely az emberi élet során folyamatosan keletkezik, azaz mindennapi életünk része. Mennyisége és minősége ingadozó, az emberi életvitel, és táplálkozási szokások függvénye, de erősen befolyásolja a keletkezett szennyvíz összegyűjtési és elszállítási módja is.

A vizet szennyező anyagok veszélyessége miatt szükségszerű a kommunális szennyvíz jó hatásfokú tisztítása. A rómaiak már foglalkoztak a szennyvíz tisztításával, majd a történelmen végigvonuló, vízszennyezés okozta járványok (pestis, kolera, tífusz, hepatitisz, stb.) után az 1800-as évek közepe óta egyre nagyobb erőfeszítéseket tettek a kommunális szennyvíz tisztítására, annak hatékonyságának javítására. A tisztítás célja a közegészségi veszély nélkül befogadóba engedhető illetve újrahasznosítható tisztított víz, valamint megfelelő kezelés után értékes anyag tartalma miatt hasznosítható, ártalommentesen elhelyezhető kommunális szennyvíziszap előállítására.

#### A kommunális szennyvizek környezeti hatásai, szennyvíztisztítás

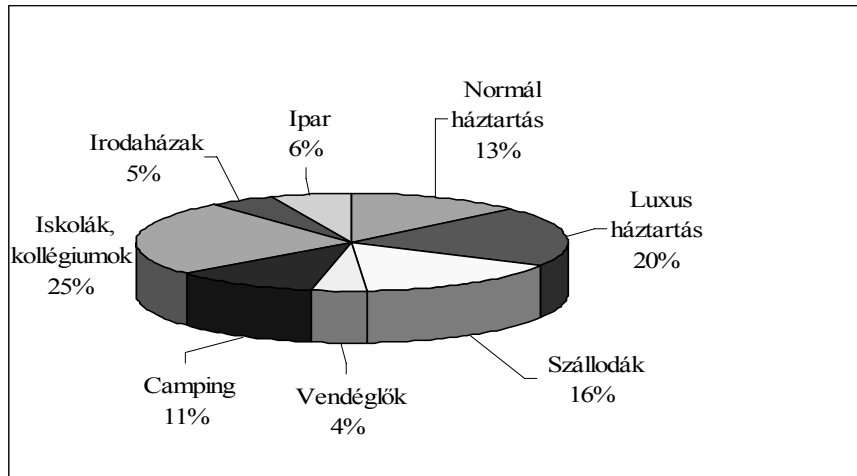
A kommunális szennyvíz általánosságban, a háztartásokban, szállodákban, éttermekben, különböző intézmények konyháiból, illemhelyeiből, mosdóiból kerül ki. Mennyiségét a szennyvízcsatornába jutó csapadék, locsoló- és öntözővizek valamint bizonyos ipari jellegű tevékenységek szennyvizei is növelhetik (1., 2. ábra).



1. ábra: A kommunális szennyvíz átlagos mennyiségi aránya eredete szerint  
Forrás: Farkas 2006

Az átlagos fajlagos vízfelhasználás a lakos-szám és összegyűjtött szennyvíz mennyisége alapján 60-250 dm<sup>3</sup>/fő/nap intervallum mellett 150 dm<sup>3</sup>/fő/nap értékkel jellemezhető. (városokban 80-120 dm<sup>3</sup>/fő/nap, kistelepüléseken 30-40 dm<sup>3</sup>/fő/nap a tényleges vízfogyasztás alapján számított érték). Minőségét a vízbe került szilárd és oldott szennyezőanyag (szerves és szervetlen) eredete, az ember életvitel, egészségi állapota, fegyelme, stb. nagymértékben befolyásolja, amit fizikai, kémiai, higiéniai paraméterekkel jellemezhetünk.

Legfontosabb fizikai jellemzők a hőmérséklet, szín, szilárdanyag (ezen belül ülepedő anyag) tartalom.



2. ábra: A kommunális szennyvíz keletkezési hely szerinti megoszlása  
 Forrás: Farkas 2006

A kémiai szennyezők között található az oldott szerves (sók, nehézfémek, tápanyagok – C, N, P vegyületek-), és szerves (pesticidok, oldószerek, festékek, zsírok, olajszármazékok, fehérjék, poliklórozott bifenilek, tenzidok, gyógyszer maradványok, stb.) anyagok, vegyületek, melyek komoly hatással bírnak a környezetre, különösen az emberre. Ezen anyagok táplálékláncbeli ökotoxikológiai szerepét jelenleg is kutatják.

A nagy tápanyag koncentráció a befogadó tisztaságát, élővilágát kedvezőtlenül befolyásolja (eutrofizáció, illetve az ivóvíz nagy nitrit, nitrát tartalom esetén methemoglobéniát, csecsemőhalált okozhat). A nehézfémek csak oldott formában toxikusak, az oldhatatlan fémvegyületek biológiailag inaktívak. Gondot jelenthet az, hogy ezek a vegyületek a körülmények megváltozásával, pl. a víz pH-jának változásával, aktiválódhatnak.

Az oldott szervesanyag sokfélesége miatt a szennyvizek a kémiai és biológiai oxigénigénnyel (KOI, BOI) jellemezhetők, azok mértékéből és arányából a szennyvíztisztítás jellegére, paramétereire, mértékére következtethetünk.

A szennyvíz és a szennyvíztisztítás tervezési alapadatait képező fontosabb átlagos fajlagos szennyezőanyag tartalmait az 1. táblázatban foglaltuk össze (szakirodalmi adatok).

1. táblázat: Az átlagos szennyvízhozam és a lakosság által termelt átlagos fajlagos szennyezőanyag értékek

Paraméter	Dimenzió	Fajlagos érték
Fajlagos szennyvízhozam, q	dm <sup>3</sup> /fő.d	150
Kémiai oxigénigény, KOI	g/fő.d	120
Biológiai oxigénigény, BOI	g/fő.d	60
Lebegőanyag, LA	g/fő.d	70
Összes nitrogén, öN	g/fő.d	12
Összes foszfor, öP	g/fő.d	2

Forrás: Hírsatorna 2005 május – június

A lakosság általi szennyezőanyag termelődés viszonylag kis szórással állandónak tekinthető, míg a fajlagos szennyvízhozam elég nagy szórást mutat (60-250 dm<sup>3</sup>/fő/nap). Ennek következtében a szennyvíz fajlagos szennyezőanyag koncentrációja is jelentősen eltérhet (pl. a KOI érték az említett szórást és a táblázat adatait figyelembe véve 2000 - 480 mg/l, míg a BOI értéke 1000 – 240 mg/l között ingadozik a szennyvízhozam függvényében).

*Nehezen biodegradálható szennyezőanyagok:* felhalmozódnak a környezetben, és a kritikus koncentrációt elérve toxikus hatást fejtenek ki. Egyéb kedvezőtlen hatások: pl. habzás, vízben oxigénátadás csökkenése.

*Könnyen biodegradálható szennyezőanyagok:* a mikrobiológiai folyamatok következtében az élővízben elfogy az oxigén (anaerobitás), ennek következtében halpusztulás, anaerob rothadás állhat elő. Nitrogén és foszfor vegyületek jelenlétében eutrofizáció alakul ki.

A higiéniai paraméterrel a szennyvízben lévő kórokozókra kapunk információt. A kommunális szennyvízben eredeténél fogva nagy mennyiségű, sokféle mikroorganizmus található. Közülük a legismertebbek és legveszélyesebb betegség okozók a baktériumok (pl. salmonellák stb.) a vírusok (pl. enterovírusok stb.), protozoák, valamint a különböző férgek (pl. fonalféreg, szívféreg stb.), rovarok.

A szennyeződés jellegénél fogva a kommunális szennyvíz nem kellő mértékű tisztításával a befogadó minőségét, ezáltal a befogadó vízének hasznosíthatóságát negatívan befolyásolhatjuk, ugyanakkor komoly fertőzési forrást hozunk létre az ember számára.

A kedvezőtlen hatások miatt a szennyvizet megfelelő hatásfokú tisztításnak kell alávetni. Az első időkben a tisztítás mértékét annak hatásfokával jellemezték, majd ez követően a 28/1978 M.T. rendelet és a 3/1984.(II.7.) OVH számú rendelet rendelkezett a befogadóba vezethető tisztított víz szennyezőanyag koncentráció határértékéről. Az Európai Unióban 1991-től a 91/271 EKG Irányelv a meghatározó a tisztított szennyvíz befogadóba való bevezetésének feltételeként. A magyar és az EU-s követelmények eltértek egymástól. A magyar előírás területi kategóriaként, míg a 91/271 Irányelv a szennyvíztisztító telep kapacitása függvényében határozta meg a szükséges tisztítás mértékét (a kibocsátható szennyezőanyag koncentrációt). A hazai előírások EKG Irányelvhez történő harmonizációja eredményeként született meg a 28/2004. (XII.25.) KvVM rendelet, mely a vízszennyező anyagok kibocsátásaira vonatkozó határértékekről és alkalmazásuk egyes szabályairól szól. A rendelet többek között a települések szennyvízelvezetésére és –tisztítására vonatkozó technológiai határértékeket is tartalmazza a kiépített terhelési kapacitás függvényében. A rendelet határértékek mellett tisztítási hatásfokot is elfogadhatónak tart (2. táblázat).

2. táblázat: A települések szennyvízelvezetésére és – tisztítására vonatkozó technológiai határértékek a 28/2004. XII.25.) KvVM rendelet szerint

Kiépített terhelési kapacitás (LE)	KOI <sub>k</sub>		BOI <sub>5</sub>		Összes LA		öP		öN	
	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%	V.1- XI.15	XI.16- IV.30
									mg/l	mg/l
< 600	300	70	80	75	100	-				
601-2000	200	75	50	80	75	-				
2001-10.000	125	75	25	70-90	35	90				
10.001-100.000	125	75	25	70-90	35	90	2	80	15	25
> 100.000		75	25	70-90	35	90	1	80	10	20

A 10.000 LE alatti telepek a kibocsátható tápanyagtartalomra egyedi határértéket kaphatnak.

A szennyvizek tisztítása a szennyvíz mennyiségétől (LE), szennyezettség mértékétől, (szennyezőanyag típus, koncentráció), a befogadó tulajdonságaitól függ, azaz az említett paraméterek befolyásolják a betervezhető technológiákat, technológiai lépcsőket. Ezek közül a gazdaságosságot is figyelembe véve kell az alkalmazható tisztítási technológiát kiválasztani.

A klasszikus kommunális szennyvíztisztítási technológia sémáját mutatja a 3. ábra, amely sok esetben bővíthet a tápanyag-eltávolítással (kémiai, biológiai), illetve egyszerűsödhet a tisztítás hatásfokigényének megfelelően (pl. egy kis település szennyvizének tisztítási igénye esetében).

Magyarország településeinek közel egyharmada rendelkezik közműves szennyvízelvezetéssel (csatornázással). A lakossági ellátottság természetesen ennél jóval nagyobb, hiszen elsősorban a városok, nagyobb lakónépességű települések csatornázottak. A csatornázás és szennyvíztisztítás jellemző mutatóit az Európai Unió tagországainak átlagával is összehasonlítva a 3. táblázat szemlélteti (a lakások százalékában).

Magyarországon a települési szennyvizek közcsonatmán történő elvezetése az 1990-es évek elejére jelentősen elmaradt a fejlett európai országokétól. Az ellátottság a bekötött lakások tekintetében alig haladta meg a 40 %-ot, az elvezetett szennyvizeknek pedig több mint a fele gyakorlatilag tisztítás nélkül került a befogadóba.

A 4. diagram Magyarország szennyvízelvezetési és tisztítási helyzetéről ad átfogó képet, az Európai Unióba történő belépéskor.

3. táblázat: A csatornázás és szennyvíztisztítás adatai az EU tagországainak átlagához viszonyítva

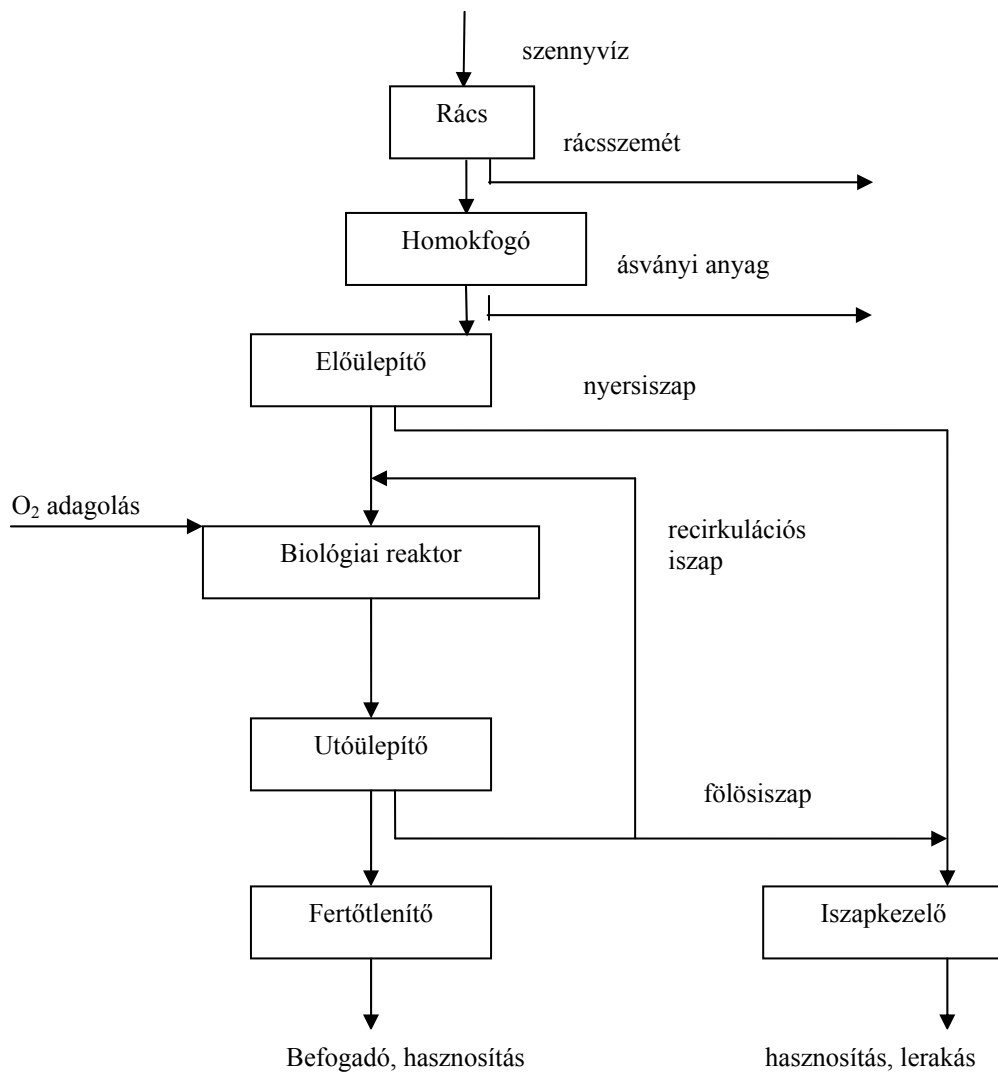
	Összes lakásból csatornázott	Csatornázottból szennyvíztisztításban részesül	Összes lakásból szennyvíztisztításban részesül	Megjegyzés
Magyarország	*52%	66%	34%	1376. sz. statisztika
EU átlag	90%	80%	72%	becslés
Magyarország/ EU átlag	58%	82%	47%	számítás

Forrás: Tájékoztató. KvVM Budapest 2006

\*További 11% mintegy 450 000 lakás számára biztosított a bekötési lehetőség.

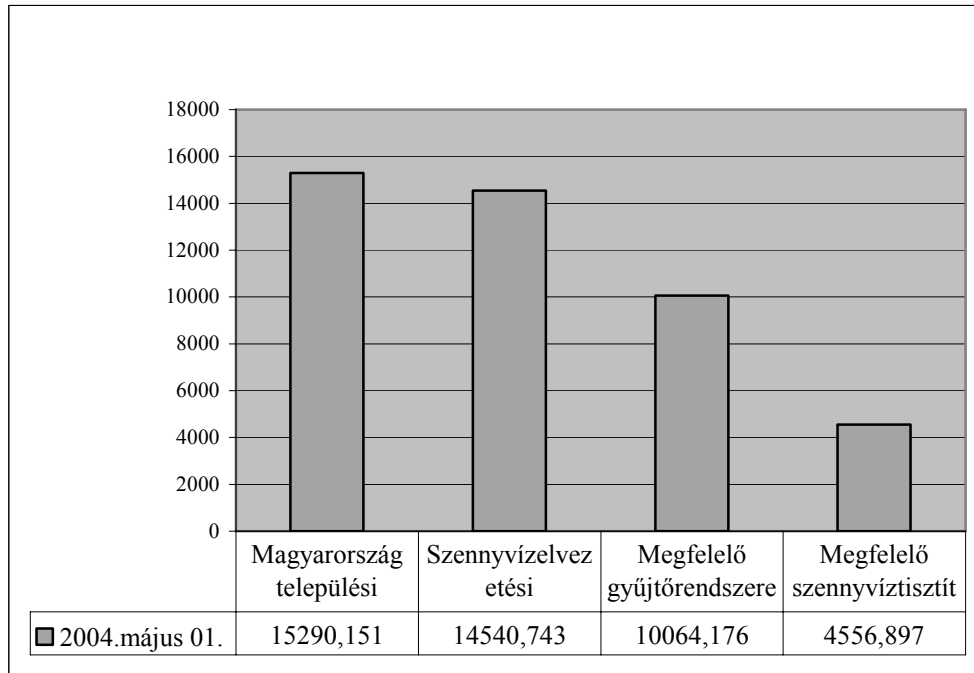
Az 5. ábra Magyarország különböző település típusainak szennyvízgyűjtő hálózattal való ellátottságát mutatja be 2004. december 31-ei. Magyarországon a szennyvíztisztításban az elmaradás még a csatornázottságnál is nagyobb. Ennek oka egyrészt, hogy a csatornán összegyűjtött szennyvizek, mintegy harmada még mindig tisztítatlanul illetve csak mechanikai tisztítást követően kerül a befogadóba (azaz a szennyvíztisztítás hiányzik), másrészt, hogy a csatornázott településeinken kiépített biológiai szennyvíztisztító telepek sem működnek minden esetben megfelelően.

A szennyvizek megfelelő tisztításának mellékterméke a szennyvíziszap. Ha a csatornába vezetett szennyvizek jogszabályoknak megfelelő minőségűek és a mai kor követelményeinek megfelelő tisztítás-technológiákat alkalmaznak, az iszap mezőgazdasági szempontból értékes szerves tápanyag, amelyet célszerűen vissza kell forgatni a termőtalajba.

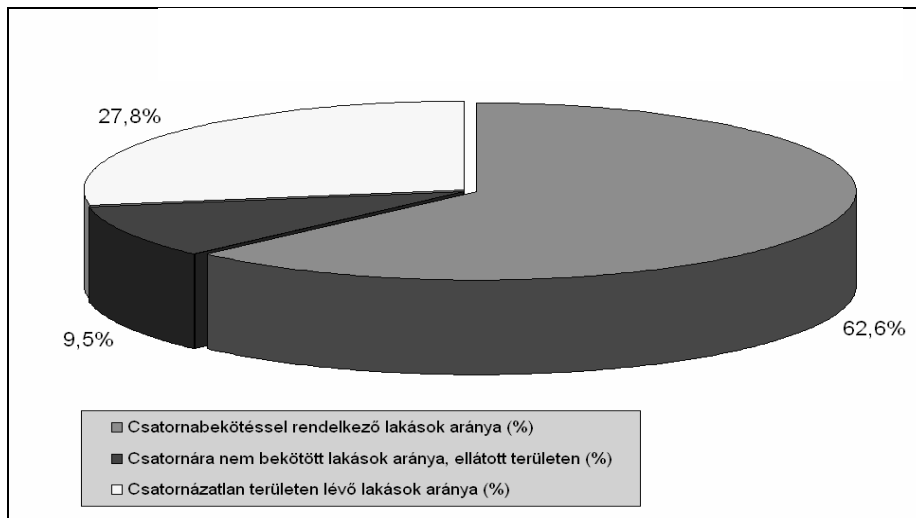


3. ábra: A kommunális szennyvíz tisztításának klasszikus törzsfája

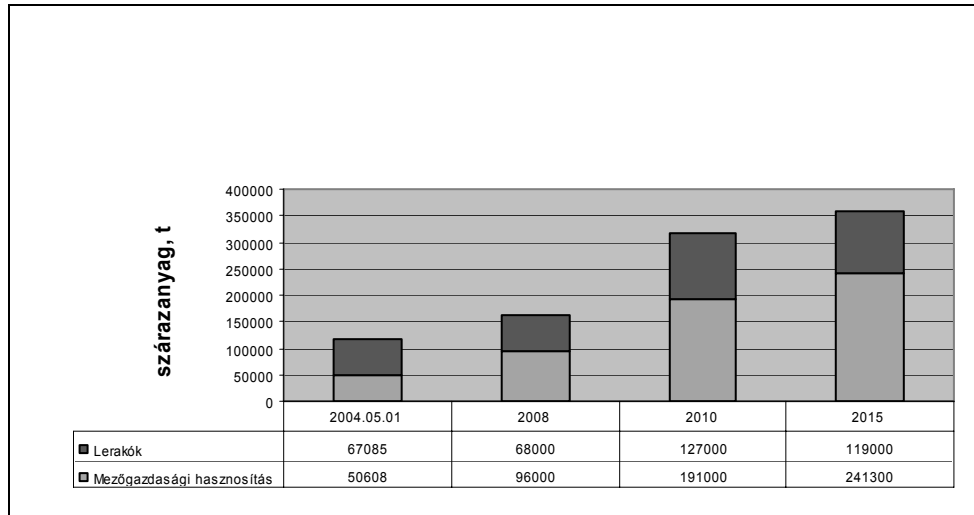
A szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának és kezelésének szabályairól az 50/2001. (IV.3.) Korm. rendelet rendelkezik. A mezőgazdasági felhasználás alternatívájaként számolni kell a jövőben az iszapok erdészeti, városgazdálkodási (kertészeti), illetve energiaültetvényeken való hasznosításával is. (Megjegyzendő, hogy a Korm. rendelet tiltja a szennyvíziszapok erdőben történő elhelyezését). Jelenleg Magyarországon a szennyvíz-iszapot nagyobb részt lerakókon helyezik el (6. ábra).



4. ábra: A szennyvízelvezetés és tisztítás helyzete 2004. május 1-én



5. ábra: Magyarország csatornázottsága 2004. december 31.



6. ábra: A szennyvíziszap elhelyezése és hasznosítási adatai 2004. május 1. állapot szerint

Az adatokból jól látható a megoldandó feladat, amelyre a gazdaságosabb módszereket folyamatosan kutatni kell.

#### A szennyvízcsatornázás és tisztítás helyzete Borsod-Abaúj-Zemplén megyében

Borsod megyében a közműves ivóvízellátás 99,7%-os, mely megfelel az uniós átlagnak. A csatornázottság aránya nem éri el az 50%-ot. A problémát fokozza, hogy a megye 357 települése közül több mint 200 fekszik sérülékeny környezetű, több mint 100 pedig fokozottan érzékeny üzemelő vízbázis területén. A kedvezőtlen helyzetet súlyosbítja az aprófalvas települések magas száma (83%).

A 2005-es adatok alapján a szennyvíztisztító telepre kapcsolt települések száma 49%, amennyiben a bekötött települések lakos számát vesszük figyelembe, a szennyvíztisztítóval rendelkező lakosok száma a megyénkben 68%.

A megye 357 települése közül 177 rendelkezik szennyvízcsatorna rendszerrel. Az üzemelő szennyvíztisztító telepek száma 49, amelyből biológiai tápanyag eltávolítással rendelkezik 29 telep. A telepek összkapacitása 220 000 m<sup>3</sup>. Elsősorban a kisebb lélekszámú települések szennyvíztisztításában van jelentős lemaradás.

#### A szennyvíztisztítás EU-normái

Az Európai Parlament és a Tanács 2000-ben elfogadta „A vízügyi politika területén a közösségi cselekvés kereteinek meghatározásáról” szóló 2000/60/EK Irányelve (Víz Keretirányelv). Célja, hogy vízgyűjtőszinten megvalósuljon a jó vízminőségi és elegendő vízmennyiségi állapot, a jó vízminőségi állapot meghatározásával vízminőségi célállapotot fogalmaz meg, vízgyűjtő-gazdálkodási tervet irányoz elő, amelyben meghatározza az összes érintett feladatát a szennyezések csökkentésére.

Magyarországon valamennyi település vezetékes ivóvízzel ellátott, az ivóvíz bekötéssel rendelkező lakások aránya 93,1 %, ugyanakkor a szennyvíz csatornázottság aránya nem éri el a 60 %-ot. A közműháló erősen nyitott.

A 91/271/EGK Irányelv a tagországok számára előírja, hogy a felszíni és felszín alatti vizek védelme érdekében a településeken keletkező szennyvizek ártalommentes elhelyezéséről gondoskodni kell. Minden 2000 lakos-egyenértéknél (LE) nagyobb szennyezőanyag-kibocsátású agglomerációban a szennyvizeket össze kell gyűjteni és azokat biológiai tisztítás után szabad élővízbe vezetni. A gazdaságosan nem csatornázható településeken (településrészek) egyedi, környezetbarát szennyvízelhelyezésről kell gondoskodni. Az irányelv a tagországok részére szennyvízelvezetési és -tisztítási fejlesztéseikről nemzeti megvalósítási program készítését és az Európai Bizottság részére történő benyújtását írja elő.

Az irányelv hazai jogrendbe illesztésével összefüggő feladatokról a 2168/2000. (VII. 11.) kormányhatározat rendelkezik. A Kormány 25/2002. (II.27.) rendelettel jóváhagyta a Nemzeti Települési Szennyvíz-elvezetési és -tisztítási Megvalósítási Programot („A” program), a 174/2003. (X. 28.) Korm. rendelettel pedig a közműves szennyvízelvezető és -tisztító művel gazdaságosan el nem látható területekre vonatkozóan az „Egyedi Szennyvízkezelés Nemzeti Megvalósítási Program”-ot. A program közel 700 db 2000 LE feletti szennyvízelvezetési agglomerációt (1700 település) és több mint 800 vízbázis-védelmi szempontból érzékeny területen fekvő, 2000 LE alatti települést foglal magába, ahol 2015. december 31-ig meg kell oldani a közműves szennyvízelvezetést és a teljes biológiai tisztítást.

### **Javaslat a kistelepülések szennyvízelvezetésére tisztítására**

Magyarországon a települések háromnegyede 2000 LE alatti kistelepülés, ahol az eddigi szennyvízelvezetési gyakorlat (5-10 település csatornahálózatra való felfűzése, a szennyvíznek több tíz kilométeres, költséges utaztatása, közben a szennyvízben az oldott szennyező anyag tartalom növekedése, bűzhatás) nem folytatható, kivéve ahol ezt a vízbázis-védelmi vagy más szempontok indokolják. Kívánatos, hogy az eddig szinte kizárólagosan elterjedt szennyvízelvezetési és tisztítási megoldások mellett alkalmazásra kerüljenek a szakirodalomból jól ismert alternatív megoldást kínáló, költség- és környezetkímélő természet-közeli szennyvíztisztítási megoldások, ill. a nem csatornázható településeken a korszerű egyedi szennyvízkezelési kislétesítményekkel történő szennyvíz ártalmatlanítási módszerek.

#### ***Egyedi szennyvízkezelés***

A közcsatornával gazdaságosan el nem látható területek – települések és településrészek - egyedi szennyvízkezelésre lehatárolt területeken, olyan egyedi szennyvízkezelési létesítmények alkalmazása, amelyek 1-25 lakos-egyenértéknek (főnek) megfelelő települési szennyvíz tisztítását és végső elhelyezését, ill. átmeneti gyűjtését szolgálják. Ennek három technológiai- és műszaki szempontból jól elkülöníthető megoldási lehetősége van:

1. korszerű egyedi szennyvíz-elhelyezés (un. kislétesítményekkel),
2. szennyvíztisztító kisberendezések alkalmazása, valamint
3. zárt tárolóban való gyűjtés és szállítás.

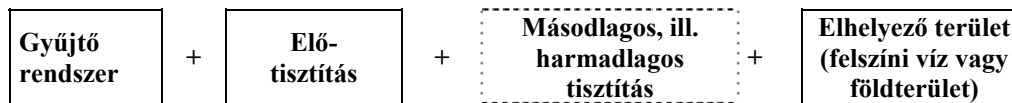
#### ***Természet-közeli szennyvíztisztítás***

Szükséges a csatornázás, ha:

1. a település „különösen érzékeny” felszín alatti vízminőségi területen helyezkedik el,
2. városias beépítettség a jellemző,
3. a telkek mérete kicsi,
4. a földtani közeg (a talaj vagy az altalaj) alkalmatlan az egyedi helyi szennyvízelhelyezésre.

A mesterséges rendszerekben a természetes fizikai-, kémiai- és biológiai folyamatok térben és időben koncentráltan mennek végbe, az ehhez szükséges feltételeket (pl. megfelelő

mennyiségű oxigén) mesterséges eszközökkel (műtárgyakkal és gépekkel), illetve folyamatos beavatkozással kell biztosítani (6. ábra).



6. ábra: A közcsatornás szennyvíz-elhelyező rendszer elemei:

A mesterséges biológiai tisztító rendszer fő jellemzői:

1. a folyamatok jól szabályozhatók, a nagyobb terhelés ingadozásokkal szemben a rendszer rugalmatlan;
2. folyamatos, szakképzett üzemeltetői ellenőrzést igényel;
3. kis helyigénye mellett energiaigényes, amely a kezelés költségeit jelentősen emeli.

A természetes szennyvíztisztító rendszerek fő jellemzői:

1. kezelői beavatkozást alig igényelnek;
2. a körülmények változását rugalmasan viselik el,
3. helyigényük viszonylag nagy.

A kistélepléseken alkalmazható szennyvízkezelések jellemzői a 4. táblázatban találhatóak.

4. táblázat: Szennyvízkezelési megoldások csatornázott kistélepléseken

Szennyvíz eredete	Szennyvíz összegyűjtésének módja	Szennyvíztisztítás	Szennyvízelhelyezés, különböző mértékű természetes tisztítással
Lakóházak Közintézmények Kereskedelmi létesítmények	Hagyományos gravitációs csatornák Nyomott csatornák	Előtisztítás Nagyobb oldómedence Kétszintes (Imhoff) üleptető Másodlagos tisztítás <i>Mesterséges tisztítás:</i> Eleveniszapos rendszerek Csepegtetőtestek <i>Természetes tisztítás:</i> Fakultatív és oxidációs tavak Épített wetlandek	Talajfelszín alatti abszorpciós rendszerek (pl. faültetvényes) Felszíni vizekbe történő kibocsátás Épített wetlandek Öntözés Újbóli felhasználás Fentiek kombinációi

A települések méretének, az így a kezelendő szennyvíz mennyiségének csökkenésével a természetes rendszerek alkalmazásának előnyei megnőnek. Fontos kiemelni azokat a speciális helyzeteket, amikor a szennyvíz keletkezése szélsőségesen tág határok között ingadozik (vendéglátóipari szálláshelyek, üdülők, hétvégi házak), vagy időszakosan teljesen szünetelhet, mivel ezekben az esetekben a mesterséges biológiai rendszerek működésének feltételei teljes mértékben hiányoznak.

Minden természet-közeli szennyvíztisztítási eljárás alapja, hogy a tisztítandó szennyvíz szennyezőanyag tartalma a talaj-víz-levegő-növényzet által alkotott ökoszisztémában, mikro- és makro szervezetek (elsősorban baktériumok) élettevékenysége következtében, a levegő és a napfény hatására ásványosodik (mineralizálódik), külső energia hozzáadása nélkül. A tisztított szennyvíz befogadója a talaj (közvetve talajvíz) vagy felszíni víz.

A természet-közeli szennyvíztisztítási eljárások alkalmazhatóak:

- a./ fő tisztítási módszerként (általában több lépcsőben) vagy
- b./ utótisztítására.

Minden esetben biztosítani kell legalább a megfelelő szintű mechanikai előkezelést.

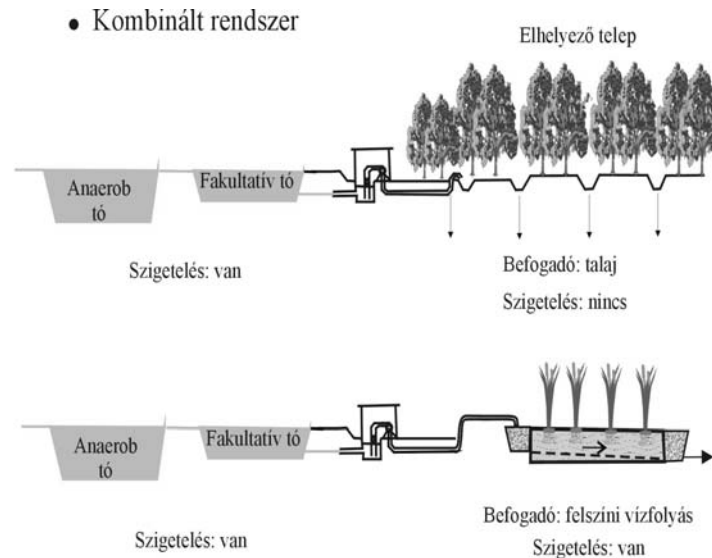
A természetközeli eljárások előnyei:

1. tájba illeszkedő, ökológiai szempontból is hasznos megoldások,

- 2.beruházási költségük alacsony (30-60 %-a a hagyományosnak),
- 3.egyszerűek, kevés a gép-, energia- és személyzet igényük,
- 4.működtetésükhöz nem szükséges magas szintű szaktudás,
- 5.fenntartási költségük alacsony (a hagyományosnak 10-30 %-a),
- 6.minimális mennyiségű szennyvíziszap keletkezik.

A természet-közeli szennyvíztisztítási eljárások fő típusai:

1. faültetvényes (gyors beszivárogtató),
2. épített vízínövényes (épített wetland)
3. tavas (lagúnás),
4. az ezek kombinációiból álló rendszerek. (7. ábra)



7. ábra: Természet-közeli szennyvíztisztítási lehetőségek  
Forrás: Mezei 2003

A természetközeli eljárások hátrányai:

1. viszonylag nagy a területigényük,
2. érzékeny területeken nem, vagy csak korlátozottan alkalmazhatóak,
3. belvizes, és magas talajvízállású területeken korlátozottan alkalmazható,
4. gazdaságos mérettartománya 100-300 LE (max: 600 LE),
5. érzékenyek az időjárási viszonyok változásaira,
6. vegetációs időszakon kívül tisztítási hatásfoka csökken.

Az alkalmazás környezetvédelmi korlátai:

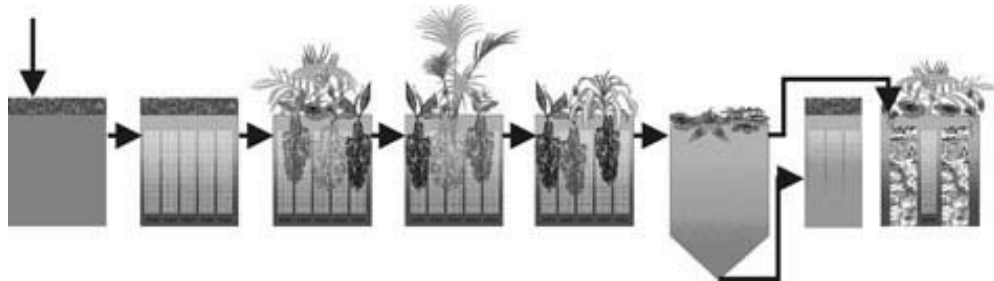
1. fokozottan érzékeny felszín alatti vízvédelmi területeken nem alkalmazhatóak,
2. nem okozhatja a felszín alatti víz és a földtani közeg állapotának romlását,
3. nem eredményezhet kedvezőtlenebb állapotot, mint amelyet a „B” szennyezettségi határérték, vagy az „Ab” bizonyított háttér-koncentráció, ill. az „E” egyedi szennyezettségi határérték.

A tavas, valamint az épített vízínövényes tisztításnál felszíni befogadó esetén a kibocsátási feltételeket a felszíni vízvédelmi jogszabályok írják elő:

1. 600 LE felett gazdasági számításokkal kell igazolni, hogy a természet-közeli eljárás az adott helyen gazdaságosabb a művi tisztításnál,
2. természet-közeli szennyvíztisztító a 220/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet alapján az 1-es vízminőség-védelmi területi kategóriában (Balaton és vízgyűjtője) nem telepíthető, a 2-es vízminőségi kategóriában (egyéb védett területek befogadói), valamint a nitrát-érzékeny területeken csak a hatóság egyedi engedélye alapján alkalmazható,
3. természet-közeli szennyvíztisztítás esetében a megadott technológiai határértékek csupán nyári (május 1. és november. 15. közötti) időszakra vonatkoznak, az ezen kívüli időszakban nincs rendeleti határérték. Téli időszakra - a hatóság előírhatja a keletkező szennyvizek tározóban történő gyűjtését, illetve megtilthatja a befogadóba való vezetését. 10 000 LE alatti kibocsátásokra kötelező érvénnyel nincs rendeleti előírás a tápanyag (N, P) eltávolításra.

### ***Az Élőgép szennyvíztisztítási rendszer***

Az élőgép egy adott területre vonatkozó szennyvíztisztítási módszer, egy olyan eljárás, amely 2-3000 élő organizmus - részben növények - által bontja le a szerves szennyező anyagokat. A technológia alacsony költségvetésű, hatékony és esztétikus módszer, a legszigorúbb környezetvédelmi előírásoknak is megfelel. A technológia alapvetően az eleveniszapos eljárásoknál alkalmazott szokásos levegőztetett reaktorokból és az azokra telepített, mintegy 2-3000 fajból álló ökoszisztémára épül fel. A szennyvíz összetételétől és a tisztítási igényétől függően a technológiai sor anaerob előtisztítóval, anoxikus zónával, illetve utőtisztítóként fluidágyas ökoreaktorral egészül ki (8. ábra). A tisztításban a baktériumok mellett a zoo-planktonok, algák, különböző növények, sőt kagylók, csigák és halak is részt vesznek. Miközben a szennyvíz átfolyik a különböző tartályokon (a hagyományos technológiai lépcsőket megvalósító reaktorokon), megtörténik a szennyezőanyagok maximális biológiai lebontására. A tisztításban résztvevő változatos ökoszisztémák nagyon stabil és ellenálló rendszert képeznek, így nem érzékeny a szennyvízterhelés ingadozására. Az Élőgép nagyon magas tisztítási hatásfokot biztosít a szervesanyag, a lebegőanyag és a nitrogén eltávolításában, és rendkívül jó hatásfokkal tudja csökkenteni a Coliform sejtek számát.



8. ábra: Az élőgép szennyvíztisztítási technológia vázlata

### **Javaslatok a szennyvíztisztítás közben keletkezett szennyvíziszap kezelésére**

A szennyvíziszap nagyobb részt víz, a szennyvízben eredetileg megtalálható szennyezőanyagok, tápanyagok, az oldott szerves anyagok biológiai lebontását végző mikroorganizmusok halmaza, szuszpenziója, melynek tulajdonsága, mennyisége a tisztított szennyvíz jellemzőitől, az alkalmazott tisztítási technológiától, hatásfokától, a tisztításhoz

felhasznált segédanyagok típusától, mennyiségétől függ. Összességében elmondható, hogy a fertőző jellegű kezeletlen iszap értékes tápanyagokkal, illetve energia tartalommal rendelkezik. A szennyvíziszap kezelését ennek megfelelően egy jól megválasztott felhasználási lehetőség kell, hogy meghatározza. Ma és még hosszú ideig Magyarországon, ahogy az a 5. ábrából is jól látható, a deponiába történő lerakás valamint a mezőgazdasági hasznosítás a jellemző. A szervesanyagok deponálását a jövőben fokozatosan csökkenteni, minimalizálni kell. Ennek megfelelően a tényleges hasznosítás kell, hogy minél nagyobb mértékben előtérbe kerüljön. Németországban az iszap elhelyezés, ártalmatlanítás jövőjét a nagyobb mértékben (kb. 52%) a mezőgazdasági hasznosításban, 30%-ban a energiatartalmának hasznosításában látják, és 18%-ban újabb lehetőségeket kutatnak, amellet, hogy vizsgálják a keletkező iszap mennyiségének csökkentési lehetőségeit is.

Az iszap térfogat minimalizálásának több útja van:

1. A szennyvíztisztítási paraméterek megváltoztatása (iszapkor, iszapterhelés, oldott oxigén tartalom), melyek következtében csökken a fölösiszap termelődés, az iszap morfológiai átalakulása játszódik le.
2. Szennyvíziszap kezelés, amely a biológiai lebontás anyagcsere aktivitását javítja, illetve az iszap struktúráját alakítja át.

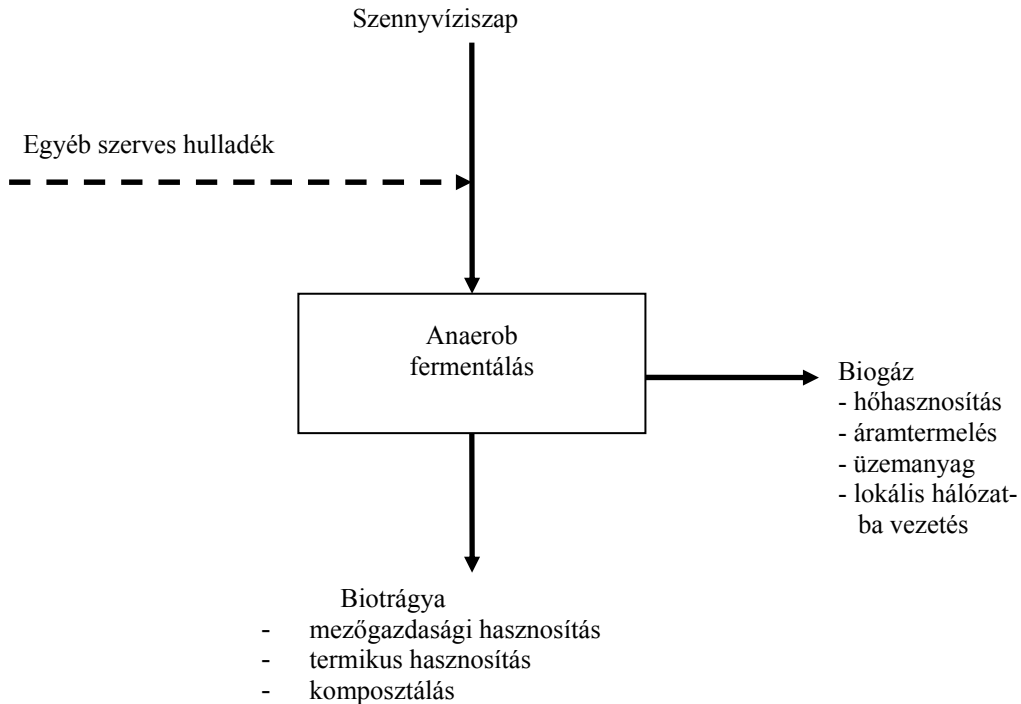
A szennyvíziszap mezőgazdasági és energetikai hasznosítása egymást nem zárja ki. Lehetséges megoldás az iszap rothasztása, a hasznosítható biogáz kinyerése, illetve a maradó iszap tápanyagtartalma trágyaként való hasznosítása (9. ábra). Európai Uniós elvárásoknak megfelelően az elkövetkező években Magyarországnak is növelnie kell az energia felhasználásában a megújuló energiák részarányát. Ez jelenleg 3,6% melyet 2010-ig 6%-ra, és a megújulókból termelt villamos áram 1% körüli, melyet 3,6%-ra kell növelnünk a vállalás szerint. Erre egy kézenfekvő lehetőség a kommunális szennyvíz iszap hasznosítása. Mindezeket szem előtt tartva a hagyományos előkezelések (fizikai, kémiai biológiai) mellett olyan új eljárásokra is szükség van, amelyek az iszaphasznosítás hatékonyságát növelik. Ilyen lehet a szennyvíziszap mechanikai és biológiai kezelés együttes alkalmazása. A biológiai kezelés aerob és anaerob típusú lehet.

Az aerob kezelés, stabilizálás az aerob szennyvíztisztításhoz hasonló. Alkalmazása elsősorban kis illetve közepes kapacitású telepeken ajánlott. Az iszapot egy megfelelő műtárgyban hosszú tartózkodási idővel (20-24 nap) levegőztetik. A folyamat alatt a szervesanyagok elásványosodnak, lebomlanak, melynek terméke  $\text{CO}_2$ , víz,  $\text{N}_2$ , P és S. A szerves anyag tartalom kb. 30-35%-al csökken. A hátránya, hogy a kórokozók egy része nem pusztul el (elsősorban a mezofil kezelésnél), így az iszapelhelyezés közegészségügyi szempontból jelentős akadályba ütközik.

Az anaerob technológia iszap kezelésére tökéletesen alkalmas a rothasztás (fermentálás). A szennyvíziszapban lévő szervesanyagok nagy része protein, lipid és szénhidrát. Ezekből az anaerob körülmények között metán,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  (un. biogáz) keletkezhet az iszap stabilizálódása mellett. A stabilizálódott szennyvíziszap, kiválóan alkalmas mezőgazdasági területek talajjavítására, fás szárú energiaültetvények tápanyag-pótlására is. (A szennyvíziszap anaerob lebomlása természetes úton is bekövetkezik. A spontán képződő metán erősen üvegházhatású kb. 30-szor üvegházhatásúbb gáz, mint az oly sokat emlegetett szén-dioxid.)

A rothasztás különböző hőmérsékleti tartományban végezhető. A legalacsonyabb hőmérsékletű tartomány a pszichrofil (15 °C -ig). A természetben leggyakrabban előforduló metántermelés is ebbe a tartományba tartozik (gleccserek üledékeiben, mocsarakban). A metántermelődés ilyen körülmények között nagyon lassú folyamat, ezért gazdaságtalan. A mezofil tartományban (35 °C) a stabilizálódás gyorsabb folyamat, kb. 25-30 nap az átfutási idő. Ezt a tartományt használják a leggyakrabban. A folyamat termelékeny, kis energia ráfordítást igényel. Az egyik legnagyobb előnye, hogy stabil és könnyen kezelhető. A leggyorsabb

lebontási időt produkálja a termofil eljárás. Üzemi hőmérséklete 55-60 °C, az átfutási idő pedig 15 nap körül mozog. A leghatékonyabb eljárás, de jelentős többletenergiát igényel a fermentor fűtése. A gyakorlatban az utóbbi két technológiát alkalmazzák. Ezekben az esetekben a biogáz képződés változását a hőmérséklet függvényében a 10. ábra mutatja be. A rothasztás következtében lényegesen csökken az iszapban a patogén baktériumok száma (a betegségek okozó baktériumok, féregpeték, férgek részben elpusztulnak, illetve súlyos károsodást szenvednek), a kellemetlen szaghatás (illékony zsírsavak lebomlanak), javul az iszap vízteleníthetősége.

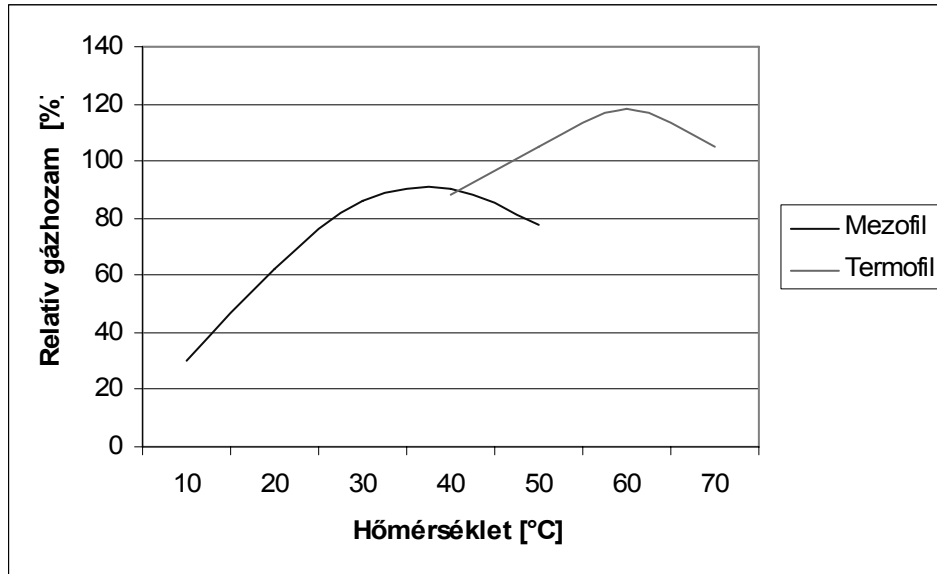


9. ábra: A szennyvíziszap rothasztás anyagárama

Az anaerob fermentáció során a 9. ábrában vázolt anyagáramnak megfelelően egyrészt *biogáz* képződik, melyet eltűzelve csak annyi CO<sub>2</sub> jut a légkörbe, amennyit a növények a fotoszintézis során megkötöttek, a folyamat nem okoz többlet CO<sub>2</sub> kibocsátást. A maradó anyag, tápanyagban gazdag, zavaró szagoktól mentes *biotrágya*, tápanyag tartalma a növények számára könnyedén felvehető.

A *biogázok* összetett anyagok, gázkeverékek, melyek részben hasonlítanak a földgázhoz. Bizonyos átalakítások (szűrés, tisztítás, víztelenítés) után, azzal megegyező tulajdonságokkal bírnak.

A képződő gáz minősége nagyban függ a kiindulási anyagoktól és az előállítás technológiájától. Általánosságban elmondható, hogy körülbelül 50-70% metánt, 30-50% széndioxidot és nyomokban egyéb összetevőket (kén-hidrogéneket, nitrogént) tartalmaz.



10. ábra: A relatív gázhozam alakulása az iszaprohasztási hőmérséklet függvényében  
 Forrás: Kovács 2004

5. táblázat: A földgáz és a biogáz összehasonlítása

		Földgáz	Biogáz
CH <sub>4</sub> (metán)	[%]	91	55-70
CO <sub>2</sub> (szén-dioxid)	[%]	0,61	30-45
H <sub>2</sub> S (kénhidrogén)	ppm	~1	~500
Sűrűség	kg/nm <sup>3</sup>	0,809	1,16
Wobbe index	MJ/nm <sup>3</sup>	54,8	27,3
Energia tartalom	MJ/nm <sup>3</sup>	39,2	23,3
	kWh/nm <sup>3</sup>	10,89	6,5
Lobbanáspont	[°C]	2040	1911

Forrás: Kovács 2004

Az eljárások függvényében a biogázok energiatartalma is változhat, de általánosságban elmondható, hogy körülbelül 22-24 MJ/m<sup>3</sup> energiatartalommal rendelkeznek. A földgáz energiatartalma 34 MJ/m<sup>3</sup>.

A biogáz, mint energiahordozó többféle képen hasznosítható:

1. Termikus hasznosítás, melynek során a képződő gázt egyszerűen lefáklyázzák. Ez az egyik legkevésbé hatékony módszer.
2. Mechanikus hasznosítás, ahol a gázt megfelelő előkezelés után (a megengedhető H<sub>2</sub>S koncentráció legfeljebb 50 ppm) egy motorban, turbinában elégetik és az energiát mechanikus energiává alakítják.
3. Komplex hasznosítás, mely az egyik legjobb hatásfokú. Ebben az eljárásban a képződő gázt egy kogenerációs motorban égetik el. Ez azt jelenti, hogy a mechanikus energia

mellett, amit rendszerint árammá alakítanak egy generátor segítségével, még a képződő hőt (kb. kétszer annyi hőenergia képződik, mint amennyi villamos energia) is hasznosítják. A modern kogenerációs gázmotorok közel 90%-os hatásfokkal üzemelnek.

4. A legújabb hasznosítási irányzat a biogázok árammá alakítása, kémiai elven működő üzemanyagcellán keresztül. Több sikeres kísérleti megvalósítás létezik az autókban történő üzemelésről, illetve kis erőművi alkalmazásról. Előnyös az alkalmazás olyan területeken, ahol a gázvezeték hálózat ki van építve és a folyamatos áramellátás nélkülözhetetlen. Ilyenek a kórházak, repülőterek irányító központjai, bankok. Jelenleg Európában egy 220 kW-os üzemanyagcellás energiafejlesztő a kölni szennyvíztisztító telepen és egy Madrid melletti szilárd hulladéklerakóban működik.
5. Komprimálás tisztítás (CO<sub>2</sub>- és S-mentesítés) és víztelenítés után ugyanúgy, mint a földgázt. Ezek után a biogáz egyenértékű a földgázzal, mind minőségben, mind energiatartalomban.
6. Előkezelés, tisztítás után a gázhálózatba való betáplálásra alkalmas.

A rothasztás másik termékeként keletkező anyaga a rothasztott iszap, amely összetételénél fogva kiváló trágya anyag. Ugyanis a rothasztás közben az ásványi tápanyagok nem szenvednek kárt, csak a szervesen kötött szén gázosodik ki. A kötött nitrogén átalakul félig kötött ammónia nitrogénné mely már hasznosítható a mikroorganizmusok számára, valamint növekedést serkentő anyagokat (szkatol- és indolszármazékokat, C-vitamin, karotin, triptofán, trydonit) és fenol vegyületeket tartalmaz. Felhasználása különböző előkezelések után az alábbiak lehetnek:

1. Szerves trágyaként, a talaj humusztartalmának növelésére alkalmas komposztálással vagy a nélkül,
2. Porózus talajszerkezet kialakítására alkalmas,
3. Szárítva, szemcsézve, keverve virágföldként, humusz granulátumként felhasználható,
4. Égetéssel ártalmatlanítható (a rothasztott iszap fűtőértéke 13.400 kJ/kg szárazanyag tartalom),
5. Egyéb, pl. gilisztatenyésztés, gombatermelés, téglá alapanyagába adalékanyagként keverve, stb. hasznosítható.

A nagy mennyiségű szennyvíziszap kezelésnél nagyon fontos a térfogat csökkentése, amely iszapstruktúra változtatást igényel. A struktúra változtatás az iszap morfológiájának technikai megváltoztatása, mely az iszapflokkok dezagglomerációjával érhető el. Ez történhet különböző fázisokban:

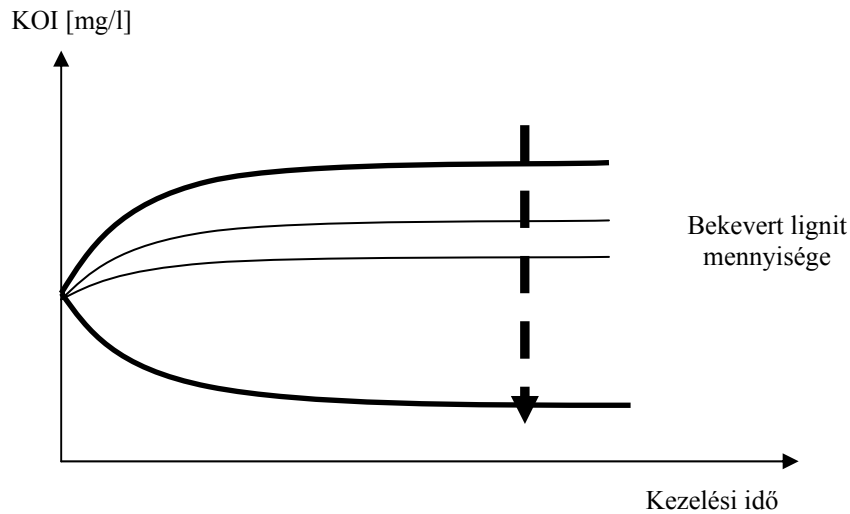
1. csekély energia fázisú behatás: az iszappelyhek széttörése, a pelyhek által bezárt víz szabaddá válik;
2. alacsony energia fázisú beavatkozás: a pelyhek szétesése aktív szabad felületek keletkezéséhez vezet, mely kedvező hatással van a további iszapkezelésre.
3. A mikroorganizmusok sejtjeinek feltárása, roncsolódása, amely a sejtanyagok szabaddá válását idézi elő. A szükséges energia nagysága a mikroorganizmusok tulajdonságaitól függ.
4. Az eljárás direkt, indirekt módon végezhető. A alkalmazható eljárások:
  - 4.1. Termikus eljárások (gőz-hidrolízis, nagy-nyomású hidrolízis),
  - 4.2. Kémiai eljárás (nedves oxidáció, ozonizálás),
  - 4.3. Biológiai eljárás (aerob stabilizálás, rothasztás, enzimes kezelés)
  - 4.4. Mechanikai kezelés (keverő malmos aprítás, nagy nyomású homogenizátor alkalmazása, Lysat centrifuga alkalmazása, ütköző malmos aprítás, nagy teljesítményű pulzációs technika alkalmazása, ultrahangos vagy fúvókás kavitációs eljárások).

Tanszékünk tagja egy hattagú konzorciumnak, amely az iszapkezelés mechanikai stabilizálásával foglalkozik. A kutatási téma száma: GVOP-3.1.1-2004-05-0271/3.0. A kutatás témáját adó új eljárás elméleti alapja a következő: a vizet is tartalmazó bio-hulladék (szennyvíziszap, hígtrágya) mechanikai ütköztetéssel párosuló, nagy turbulenciájú áramoltatása közel kavitációs körülmények között. Az ilyen áramoltatás során a vízben oldott levegő gázfázisba diffundál át, miközben a szilárd hulladékrészecskék szemcsemérete gyorsan és jelentősen csökken. E két jelenség együttesen eredményezi a komponensek érintkezési felületének jelentős növekedését. Ezek eredményeképpen az anyagátbocsátás intenzitása megnő, a kinetikája felgyorsul. Ez vezet a nem stabilizált biomassza gyors stabilizálódásához. A szemcseméret-degradációt nemcsak az adalékanyag szilárd részecskéi szenvedik el, hanem az élő mikroorganizmusok is. A nagy mechanikai igénybevétel és kedvezőtlen nyomás-változás hatására a sejtfallal megsérül, a sejt-roncsolás bekövetkezik. A patogén mikroorganizmusok populációja több nagyságrenddel csökkenthető, vagyis a gyors stabilizálódás mellett a biohulladékok *higiénizációja* is végbemegy. A higiénizációban a szilárd adalékanyag felületén végbemenő vízben oldott és illó szerves vegyületek *adszorpciója* is fontos szerepet játszik. Amennyiben az adalékanyag a nagy adszorpciós képességgel, valamint a számottevő fűtőértékkel rendelkező szén (lignit), akkor a mechanikai kezelés terméke jelentős fűtőértéke alapján *környezetbarát és megújuló bio-tüzelőanyagként tekinthető*. A stabilizációval *talajjavító termék* is előállítható e célra alkalmas adalékanyag megválasztásával.

A szennyvíziszap kezelésre a Miskolci Szennyvíztisztító Telepen került sor. A minta szuszpenziókat különböző elemzéseknek (aprózódás, szűrt KOI<sub>k</sub>, BOI<sub>5</sub>, pH, szárazanyag tartalom, szűrhetőség, száríthatóság, fekáli E. coli, fekáli enterococcus) vetettük alá, majd néhány kísérletnél keletkező kezelt iszappal rothasztási kísérleteket végeztünk.

A megfelelő adalékanyag (lignit-, szénpor stb.) bekeverés, kavitron fordulatszám, kezelési idő hatására a kezelt szennyvíziszap átalakul. Kísérleteink alapján az alábbi következtetéseket állapíthatjuk meg:

1. Az iszapban levő eredeti szilárdanyag és adalékanyag morfológiailag megváltozik, aprózódik, feltáródik, szemcseméretük a 90µm alatti frakcióban dúsul, jelentősen növelve a szilárdanyag tartalom fajlagos felületét. Ugyanakkor a szemcseeloszlás megváltozása (szűkebb szemcseeloszlási tartomány) kedvezően hat az iszap szűrhetőségére is.
2. A kavitronban történő aprózódáskor az iszapban található mikroorganizmusok egyrésze elpusztul, illetve jelentősen sérül. Következésképpen az iszap stabilitás kedvező alakulása.
3. A szilárdfázis aprózódása, a mikroorganizmusok feltáródása növeli ugyan az iszapvíz KOI értékét, melyet a hozzáadott, jó adszorpciós tulajdonsággal bíró, aprózódott, nagy fajlagos felületű adalékanyag (lignit, szén) adszorpció révén jelentősen csökkent. Ennek következménye az iszap kellemetlen szaghatásának jelentős csökkenése is (11. ábra).
4. A kezelt iszap hasznosítása több féleképpen lehetséges. Száradás vagy szárítás után komposztálva vagy a nélkül a mezőgazdaságban biotrágyaként hasznosítható (a kísérletek szerint a tápanyagtartalom a talajvízzel nehezebben távozik, leadása elhúzódozó jellegű, így hosszabb időre biztosítja a talaj tápanyag ellátását). Energia tartalma miatt nagyon jó biotüzelőanyag. A szilárdanyag tartalom és a mikroorganizmusok feltáródása következtében a kezelt iszap hatásosan rothasztható. Az oldott szervesanyag tartalom, a szilárd fázis nagyobb fajlagos felülete következtében jelentősen megnő a biogázkihozatal melynek mértéke 50-300%. Rothasztást követő kezelés után az iszap tovább hasznosítható.



11. ábra: A KOI alakulása a bekevert lignit mennyiségétől függően.

*Forrás: GVOP projekt 2005 – 2007*

Az új eljárás elsősorban kommunális szennyvíziszap, illetve az állattartó telepeken képződő hígtrágya kezelésére alkalmazható. Rendkívüli előnye az, hogy nem igényel semmilyenfajta vegyszert, és nem termel toxikus anyagokat sem.

Ez a típusú iszapkezelés elsősorban nagyobb szennyvíztisztító telepeken javasolható. Kisebb telepek esetén a szakirodalmakból jól ismert módszerek alkalmazása kerülhet előtérbe a telep és környezete adottsága függvényében.

### **Összefoglalás**

A rendelkezésünkre álló adatok, információk szerint Magyarország és ahhoz hasonlóan a B.-A.-Z megye szennyvíztisztítási helyzete nem kedvező. Hiányos a csatornázottság a csatornára való bekötés, a szennyvízelvezetés, és még kedvezőtlenebb a szennyvíztisztítás helyzete, mértéke, hatásfoka. A problémák közül különös jelentőségű a 2000 LE alatti teleülések szennyvizének összegyűjtése, kezelése, illetve a nagyobb szennyvíztisztító telepeknél a tisztítás termékeként keletkező szennyvíziszap kezelése, elhelyezése, hasznosítása.

Dolgozatunkban az általános helyzet ismertetése után e két témával foglalkoztunk szakirodalmakra, jogi előírásokra és kísérleti munkára támaszkodva. Ezek alapján javaslatunk a következőkben foglalhatók össze:

A megye területén található kis települések elmaradásainak megoldására az egyedi illetve természetközeli szennyvíztisztítást javasoljuk a szennyvíztisztítási társulásokkal szemben, mert rövid csatornában (gyors levezetés) elmarad a szennyvíz oldott anyagtartalmának jelentős emelkedése, elmarad a szennyvíz rothadásának beindulása (szaghatás elmarad, csatorna mechanikai igénybevétele csökken). Következménye a hatásosabb tisztítás. A természetközeli tisztítási eljárások biztosítani tudják a szükséges tisztítási mértéket.

A nagy szennyvíztisztító telepeken szükséges szennyvíziszap kezelésre számos megoldás áll rendelkezésre, amelyek közül a feltételeknek, adottságoknak megfelelően választhatunk. A

dolgozatunkban egy újabb megoldást javaslunk, melynek lényege a hasznosítás előtti szennyvíziszap aprítás (adalékanyaggal vagy a nélkül). E folyamat során az iszap stabilizálódik, mezőgazdaságban (tápanyagtartalma miatt) hasznosítható közvetlenül, vagy komposztálás után, illetve az iszap anaerob kezelése során képződő biogázokat energetikai hasznosításra lehet fordítani.

## Irodalom

- 220/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet a felszíni vizek minősége védelmének egyes szabályairól  
 219/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet a felszín alatti vizek védelméről  
 10/2000. (VI. 2.) KöM-EüM-FVM-KHVM együttes rendelet a felszín alatti víz és a földtani közeg minőségi védelméhez szükséges határértékekről  
 30/2004 (XII.30) KvVM rendelet a felszín alatti vizek vizsgálatának egyes szabályairól  
 25/2002. (II. 27.) Korm. rendelet a Nemzeti Települési Szennyvízelvezetési- és tisztítási Megvalósulási programról  
 174/ 2003.(X.28.) Korm. rendelet az Egyedi Szennyvízkezelési Nemzeti Programról  
 EU szennyvíztisztításról szóló 91/271/EGK irányelve  
 Farkas R (2006): Kistélepülések szennyvízkezelésének megvalósítási lehetőségei. ME Miskolc, Diplomaterv.  
 Korszerű környezet- és költségkímélő, egyedi, házi szennyvíz-elhelyezési kislétesítmények. Bemutató album. KvVM Bp. 2002.  
 Kovács K (2004): A biogáz technológia eredményei, lehetőségei egy konkrét projekten keresztül. Energexpo. Nemzetközi Energetikai Szakkiállítás és Konferencia, Debrecen.  
 MaSzeSz, Hírcsatorna. A Magyar Szennyvíztechnikai Szövetség Lapja, 2005 május-június  
 Mezei A. (2003): Természet-közeli szennyvíztisztítási technológiák áttekintése. Bp. BMGE Vízi-közmű és Környezettechnológiai Tanszék.  
 Öllös G.: Szennyvíztisztító telepek üzemeltetése I.-II.  
 Segédlet a korszerű egyedi szennyvízkezelés és a természet-közeli szennyvíztisztításhoz (Bp. KvVM 2005)  
 Szennyvíziszap és hígtrágya büztelenítése, stabilizálása. GVOP projekt részjelentés 2005-2006. Miskolci Egyetem, Eljárástechnikai Tanszék.  
 Szennyvíziszapok újszerű, a fenntartható fejlődést szolgáló hasznosítási lehetőségeinek feltárása. KvVM megbízásából összeállította a Juhász és Társa Mérnöki Szolgáltató és Tanácsadó Bt. Budapest, 2004.  
 Tájékoztató Magyarország településeinek szennyvízelvezetési és -tisztítási helyzetéről, a Települési szennyvízkezelésről szóló 91/271/EGK irányelv Nemzeti Megvalósítási Programjáról. KvVM Budapest 2006.  
 Útmutató a települési szennyvíziszap telepi előkezeléséhez, KvVM. Budapest, 2002.  
 Útmutató a települési iszapkezelési koncepció kidolgozásához. KvVM, Budapest 2006.

**Szabó Imre – Szabó Attila – Farkasné Cziel Ivett**

**A hulladéklerakók helyzete Észak-Magyarországon, a rekultiváció  
műszaki megoldásai**

**Bevezetés**

Az elmúlt 15 év jelentős változást hozott a magyarországi hulladékgazdálkodás területén, ami értelemszerűen megváltoztatta a hulladéklerakás területén kialakult gyakorlatot éppúgy, mint a törvényi előírásokat. Az 1990-es évek elején készített VITUKI felmérés még 2700 lerakóról számol be, ami azt jelentette, hogy szinte minden önkormányzat rendelkezett egy-egy, némelyik több lerakóval, melyeknek a döntő többsége nem felelt meg a nemzetközi gyakorlatnak, s többnyire védelmi rendszer nélkül kiépített, ún. rendezetlen lerakók voltak.

Az első jelentős lépést a nyugati beruházók megjelenése jelentette, hiszen akkorra Ny-Európában a piac lassan telítődött, új piacok után kellett nézni. Európa számos országában kiépült a sok évre elegendő lerakó-kapacitás. Kezdték előtérbe kerülni a lerakással történő ártalmatlanítás mellett az egyéb, környezetvédelmi szempontból jobb megoldások, másrészt egyre nagyobb hangsúlyt helyeztek a hulladék mennyiségének a csökkentésére, az újrahasznosításra és a visszaforgatásra (recycling), s ez a meglévő lerakók élettartamát meghosszabbította. Mindez szerencsés fejlődést hozott Magyarországon, s emellett lassan hazánkban is kialakult több tökeerős csoport, akik mint magánbefektetők jelentek meg a piacon, felismerve a hulladékban rejlő meglehetősen nagy üzletet.

Az első, az európai normáknak megfelelő rendezett lerakó Debrecenben épült meg 1992-ben három osztrák cég és Debrecen önkormányzatának beruházásában. Az első lerakók –nem lévén hazai szabályozás- még többnyire az osztrák szabvány (ÖNORM) szerint épültek.

Kétségtelen, hogy a hulladékgazdálkodás egy hatalmas, biztos piacot jelentő tevékenység, amely jelentős tőkét igényel, ugyanakkor a megtérülése viszonylag lassú, de a befektetés gazdaságosságát növelte a számottevő állami, majd később az uniós támogatás (ún. ISPA projektek). Mindez összességében jelentős változást hozott, és a '90-es években meglévő Európával szembeni mintegy 30 éves lemaradásunkat kb. 20 évvel sikerült csökkenteni, és ma számos, már korábban is uniós tagállamot sikerült utolérni, sőt megelőzni.

**Törvényi háttér**

A magyar környezet-politika a fenntartható fejlődést elősegítő - a környezet védelmének általános szabályairól szóló 1995. évi LIII. törvényben rögzített - elveit és céljait a hulladékkal kapcsolatban a hulladékgazdálkodásról szóló, 2001 január 1-én hatályba lépett, 2000. évi XLIII. törvény határozza meg. A törvény messzemenően figyelembe veszi az 1999/31 EU direktíva előírásait is. Ennek megfelelően a természeti erőforrások fenntartható használata érdekében támogatja a hulladékképződés megelőzését biztosító anyag- és energiatakarékos, hulladékszegény technológiák alkalmazását, a veszélytelenebb, kisebb kockázatot jelentő hulladékot eredményező anyagfelhasználást. Másodsorban támogatja a képződő hulladék anyag- és energiataralmának minél teljesebb hasznosítását, végül a nem hasznosuló hulladék környezetveszélyeztetést és egészségi kockázatot kizáró ártalmatlanítását, ezen belül a környezetet hosszú távon is terhelő, hasznos területeket igénybe vevő hulladéklerakás minimalizálását.

A célok elérése érdekében a hulladékgazdálkodási törvény 33.§-a – összhangban az Európai Közösség hulladékra vonatkozó irányelveivel – a Nemzeti Környezetvédelmi Program részeként Országos Hulladékgazdálkodási Terv (OHT) kidolgozását írja elő, amelyet az Országgyűlés fogad el. Az OHT elfogadását 270 nappal követően a Környezetvédelmi Felügyelőségek irányításával a területi tervezési statisztikai (nagy)régiókra kiterjedő területi hulladékgazdálkodási terveknek kell készülniük, amelyeket a környezetvédelemért felelős miniszter rendeletben hirdet ki. A területi tervek kihirdetését 270 nappal követően a települési önkormányzatok kötelesek helyi hulladékgazdálkodási tervet készíteni, és azt helyi rendeletben kihirdetni.

Az átfogó tervezési rendszert megalapozó első Országos Hulladékgazdálkodási Terv a hulladékgazdálkodás célrendszerének megfelelően elemzi a magyarországi hulladékképződés és kezelés mai helyzetét, meghatározza az NKP tervezési periódusához igazodóan a 2003-2008 között elérendő célokat, valamint a célok elérését biztosító intézkedéseket és programokat. Ezek keretében kijelöli a feladatokat mind a különböző hulladék típusokra, mind az egyes gazdasági szektorokra vonatkozóan, illetve meghatározza a feladatok megosztását a hatósági, közigazgatási szervezetek, az önkormányzatok, a társadalmi és gazdasági szervezetek, valamint az ipar, a kereskedelem, a mezőgazdaság és a szolgáltatások területén működők között.

Nagy előrelépést jelentett a 22/2001. (X. 10.) KöM rendelet, amely a hulladéklerakás, valamint a hulladéklerakók lezárásának és utógondozásának egyes feltételeiről szól. Ez a rendelet gyakorlatilag már teljes összhangban van az európai szabályozással, sőt bizonyos vonatkozásokban az azokban előírtaknál szigorúbb követelményeket tartalmaz. A 33/2003 EU direktíva megjelenésével a rendeletet át kellett dolgozni, hiszen megváltoztak a korábbi lerakó kategóriák, s ennek megfelelően újra kellett szabályozni az egyes lerakó típusokban lerakható hulladékok körét, a lerakási- és fogadási kritériumokat, valamint a védelmi rendszer műszaki követelményeit.

A jogszabályok legfontosabb kötelme, hogy 2009-től csak azon hulladéklerakók üzemelhetnek, melyek megfelelnek a 99/31. EU irányelven alapuló, a 22/2001. (X.10) KöM rendelet módosításával létrejövő 20/2006. (IV.5) KvVM rendelet szigorú előírásainak. A hulladéklerakás területén elvégzendő feladatok meghatározására egyértelmű jogszabályi háttérrel és iránymutatást ad a már említett 1999/31/EK tanácsi irányelv a hulladéklerakásról, valamint a hulladéklerakók lezárásának és utógondozásának szabályairól és egyes feltételeiről szóló 20/2006. (IV.5) KvVM rendelet.

Ahhoz, hogy a meglévő lerakó hálózat sorsáról, a végleges, a megmaradó és újonnan építendő lerakókból kialakítandó regionális hálózat kialakításáról dönteni lehessen, ismételten fel kellett mérni a hazai lerakó hálózatot.

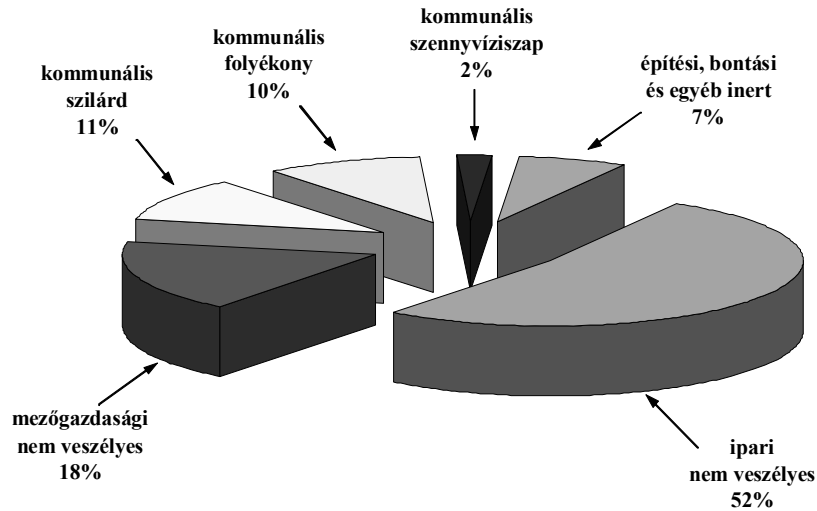
A magyarországi hulladéklerakók helyzetének pontos felméréséhez hazánk az Európai Uniótól kapott segítséget egy Phare program keretében. A munka kivitelezője a holland Royal Haskoning és a magyar CANOR International Kft. által alkotott konzorcium volt.

### **A hulladéktermelés és lerakás jelenlegi helyzete Észak-Magyarországon**

Észak-Magyarországon évente közel 10 millió tonna hulladék keletkezik, amelyből 6,3 millió tonna a nem veszélyes, 0,25 millió tonna a veszélyes és 3,2 millió tonna a kiemelten kezelendő hulladék (Észak-magyarországi Statisztikai Régió Hulladékgazdálkodási Terve 2003-2008, 2004.). A keletkező nem veszélyes hulladékok megoszlását az 1. ábra mutatja be.

A területi hulladékmérleg és kezelési arány alapján elmondható, hogy a napjainkban keletkező hulladékok jelentős része lerakásra kerül, és alacsony az égetés illetve az újrahasznosítás aránya. Az Észak-Magyarországon keletkező hulladékok kezelési arányát szemlélteti az 1. táblázat, illetve az 2. ábra.

Ezen a fentiekben felsorolt kedvezőtlen helyzetet lényegesen megváltoztatják az előzőekben említett új jogszabályok. A változás első jelei már érezhetők mind a hulladék kezelés mind a lerakás területén.



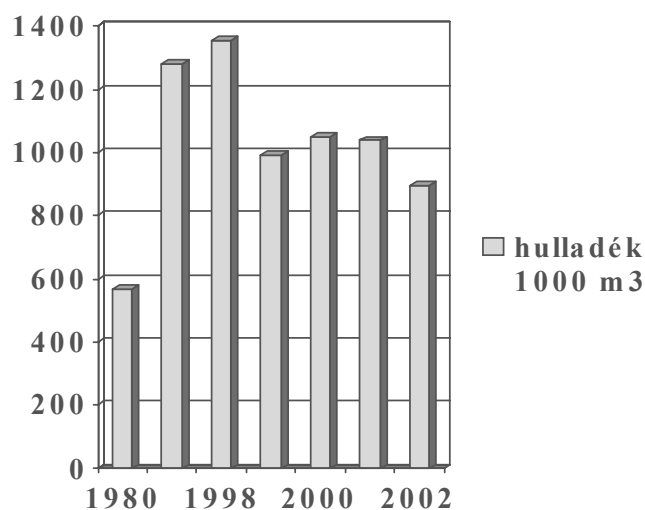
1. ábra: Az Észak-Magyarországon keletkező nem veszélyes hulladékok megoszlása

Forrás: Észak-magyarországi Statisztikai Régió Hulladékgazdálkodási Terve 2003-2008, 2004.

1. táblázat: A területi éves hulladékmérleg és a kezelési arány bemutatása

	Hasznosítás (%)	Égetés (%)	Lerakás (%)	Egyéb módon kezelt (%)
Ipari és egyéb gazdálkodói nem veszélyes hulladékok	21,2	0,2	78,6	-
Mezőgazdasági és élelmiszeripari nem veszélyes hulladékok	90,0	-	5,0	5,0
Települési szilárd hulladékok	14,9	-	85,1	-
Települési folyékony hulladék	-	-	28,5	38,1
Kommunális szennyvíziszap	46,5	-	53,5	-
Építési, bontási hulladékok és egyéb inert hulladékok	50,0	-	50,0	-
Veszélyes hulladékok	37,4	5,2	8,4	49,0

Forrás: Észak-magyarországi Statisztikai Régió Hulladékgazdálkodási Terve 2003-2008, 2004.



2. ábra: Ártalmatlanított települési szilárd hulladék mennyisége  
Forrás: KSH adatok alapján

### A települési szilárdhulladék-lerakók országos felmérésének eredménye

A már korábban említett - a holland Royal Haskoning és a magyar CANOR International Kft. alkotta konzorcium által kivitelezett - települési szilárdhulladék-lerakók felmérése során 2002-ben 2667 lerakót térképeztek fel Magyarországon.

A továbbiakban ezen felmérés eredményeinek segítségével kívánjuk röviden összefoglalni a hulladéklerakás területén várható feladatokat hazánk Észak-magyarországi régiójára (Borsod-Abaúj-Zemplén megye, Heves megye, Nógrád megye) vonatkozóan.

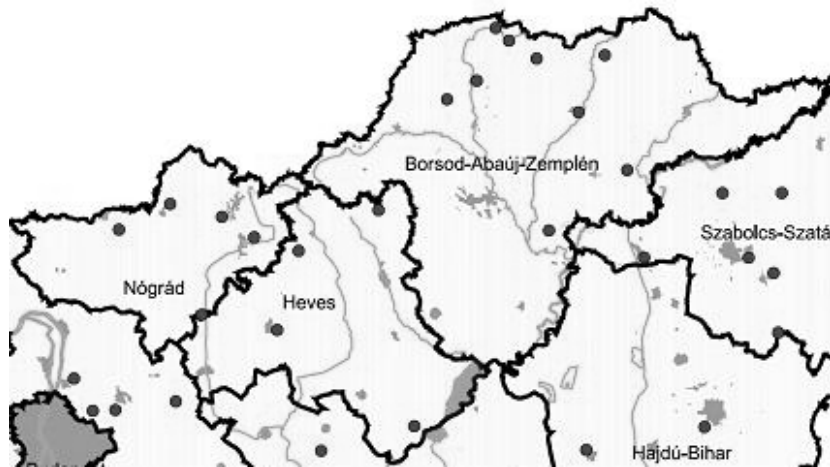
A felmérés során két időszakot különböztettek meg: a jelentősen 2008-ig terjedő és a 2009-2020 közötti periódus. Az első, 2008-ig terjedő időszakban a listán szereplő lerakók más további lerakókkal együtt működésben maradnak. A 2009-2020-ig terjedő időszakra készült listán azok a lerakók szerepelnek, melyek Magyarország jövőbeni lerakó-hálózatát alkotják. 2009. júliusát követően az összes megmaradó lerakónak meg kell felelnie az EU direktívában előírtaknak.

A kiválasztási folyamat első lépése a felmért adatokon és a végső környezeti kockázati értékek meghatározásán alapult. A végső kockázati eredmény alapján a lerakók nagy része már bezárt vagy rövid távú bezárása javasolt. Ez a javaslat a műszaki védelem (hiánya), környezet szennyezési kockázat, érzékeny területen való elhelyezkedés stb. kombinációin alapul. Így mindössze 57 lerakó maradt az Észak-magyarországi régióban, mely számításba jöhet a jövőbeni lerakóhálózat megtervezésénél.

A következő lépés a szigetelés nélküli lerakók kiválasztása volt. Ezen lerakók nem jelentenek komoly kockázatot, azonban nem kerülhetnek fel a listára az EU-nak megfelelő színvonalú kialakításhoz szükséges rendkívül magas beruházási költségek miatt. Ez a lépés 26 szigetelési rendszer nélküli lerakót és 31 szigetelési rendszerrel rendelkező lerakót eredményezett.

A megmaradó 31 lerakó megyénként került felsorolásra és kapacitásuk alapján történt az elemzésük. Ezen lerakóknak potenciális kapacitással kell rendelkezniük. A regionális eloszlás szintén része volt az elemzésnek, mivel az alapfelgondolás az volt, hogy minden megyében legalább két, vagy három lerakóra van szükség. Ez a lépés egy 18 lerakót tartalmazó listát eredményezett a 2008-ig terjedő időszakra (3. ábra, 2. táblázat).

Ezen lista összeállításának célja kizárólag az volt, hogy további elemzéssel meghatározható legyen a 2009-2020-ig terjedő időszakra vonatkozó, a jövőbeni lerakó-hálózatot alkotó lista.



3. ábra: A 2005-2009 között üzemelő lerakók hálózatának területi elhelyezkedése  
Forrás: Royal Haskoning – CANOR, 2003

2.táblázat: A 2005-2009 között üzemelő lerakók hálózata

	Megye	Önkormányzat	Lerakó megnevezése
1.	Borsod-Abaúj-Zemplén	Rudabánya	Rudabányai Kommunális Lerakó
2.	Borsod-Abaúj-Zemplén	Tiszalúc	Tiszalúci Körzeti Reg. Hulladéklerakó
3.	Borsod-Abaúj-Zemplén	Bodrogkeresztúr	Regionális Kommunális Szilárdhulladék Lerakó
4.	Borsod-Abaúj-Zemplén	Szendrő	Szeméttelep
5.	Borsod-Abaúj-Zemplén	Gönc	Gönc és térsége kommunális hulladéklerakó
6.	Borsod-Abaúj-Zemplén	Hídvégardó	Hídvégardó, Becskháza, Bódvalenke Szilárd kommunális hulladék lerakó
7.	Borsod-Abaúj-Zemplén	Encs	Encs Térségi Kommunális Hulladéklerakó
8.	Borsod-Abaúj-Zemplén	Krasznokvajda	Krasznokvajda Községi regionális szilárdhulladék lerakó
9.	Borsod-Abaúj-Zemplén	Tornaszentjakab	Tornaszentjakabi szilárdhulladék lerakó
10.	Heves	Bélapátfalva	Kommunális Hulladék Lerakó
11.	Heves	Gyöngyös	Gyöngyösi Szilárdhulladék Lerakó
12.	Heves	Mátraballa	Tardonya Lerakó
13.	Heves	Kisköre	Kisköre Hulladéklerakó
14.	Nógrád	Szécsény	Regionális Hulladéklerakó
15.	Nógrád	Salgótarján	Kótyházai térségi hulladéklerakó
16.	Nógrád	Bátonyterenye	Gyula-aknai hulladéklerakó
17.	Nógrád	Nógrádmarcal	Regionális lerakó
18.	Nógrád	Jobbagyi	

Forrás: Royal Haskoning – CANOR, 2003

A további elemzések eredményeként, a terepi látogatások során kiderült, hogy a Heves megyei Gyöngyösön található Gyöngyösi Szilárdhulladék Lerakót 2009 előtt be kell zárnunk, mivel nem felel meg az EU szabványainak.

Az EU szabványainak való megfelelés egyik legkritikusabb komponense a lerakók aljzatszigetelése. Ennél fogva, ez volt az egyik legfontosabb feladata a helyszíni vizsgálatoknak: a meglévő aljzatszigetelés minősége, valamint a jelenlegi szigetelés fejleszthetőségi lehetőségei. Amely lerakók aljzatszigetelése nem felelt meg az EU szabványoknak, törlésre kerültek a listából (3. táblázat).

Továbbá, számos lerakó esetében előfordult, hogy az aljzatszigetelésük megfelelt az EU szabványoknak, azonban a magyar szabványoknak nem. A magyar törvények szerinti aljzatszigetelésre vonatkozó szabályok sokkal szigorúbbak. Ellentétben az EU szabvánnyal, a magyar törvény előír egy geoszenzort és a 2 mm-es helyett 2,5 mm-es HDPE szigetelést. A magyar törvények követése sok olyan lerakó bezárását eredményezné, amelyek megfelelő környezetvédelmi mérőszámokkal bírnak és megfelelnek az EU által támasztott szabványoknak. Ezen lerakók bezárása környezetvédelmi szempontból nem indokolt. Ezáltal ezen lerakók részeli lesznek a listának.

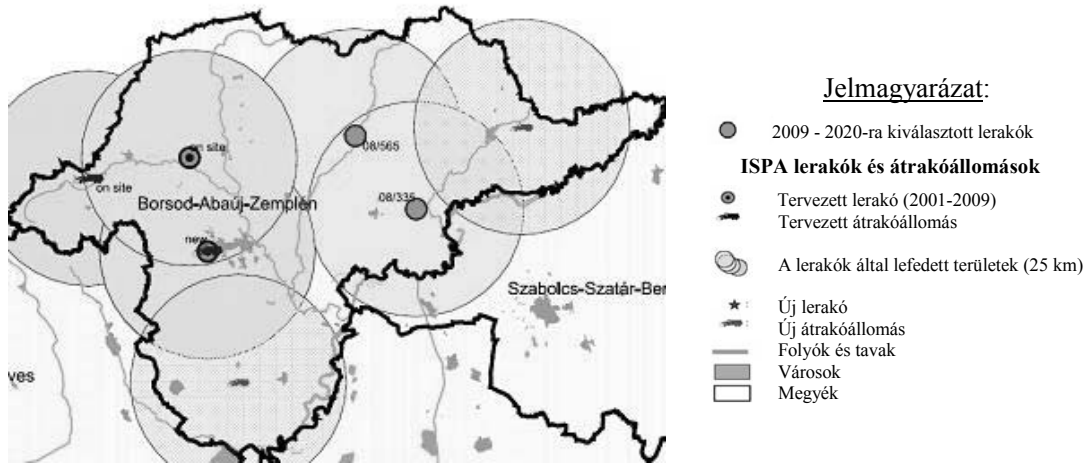
3. táblázat: Megfelelő aljzatszigetelés nélküli lerakók

	Megye	Önkormányzat	Lerakó megnevezése
1.	Borsod-Abaúj-Zemplén	Rudabánya	Rudabányai Kommunális Lerakó
2.	Borsod-Abaúj-Zemplén	Tiszalúc	Tiszalúc , Körzeti Reg. Hulladéklerakó
3.	Borsod-Abaúj-Zemplén	Szendrő	Szeméttelep
4.	Borsod-Abaúj-Zemplén	Gönc	Gönc és térsége kommunális hulladéklerakó
5.	Borsod-Abaúj-Zemplén	Hídvégardó	Hídvégardó, Becskeháza, Bódvalenke Szilárd kommunális hulladék lerakó
6.	Borsod-Abaúj-Zemplén	Tornaszentjakab	Tornaszentjakabi szilárdhulladék lerakó
7.	Heves	Bélapátfalva	Kommunális Hulladék Lerakó
8.	Heves	Mátraballa	Tardonya Lerakó
9.	Heves	Kisköre	Kisköre Hulladéklerakó
10.	Nógrád	Szécsény	Regionális Hulladéklerakó
11.	Nógrád	Jobbagyi	

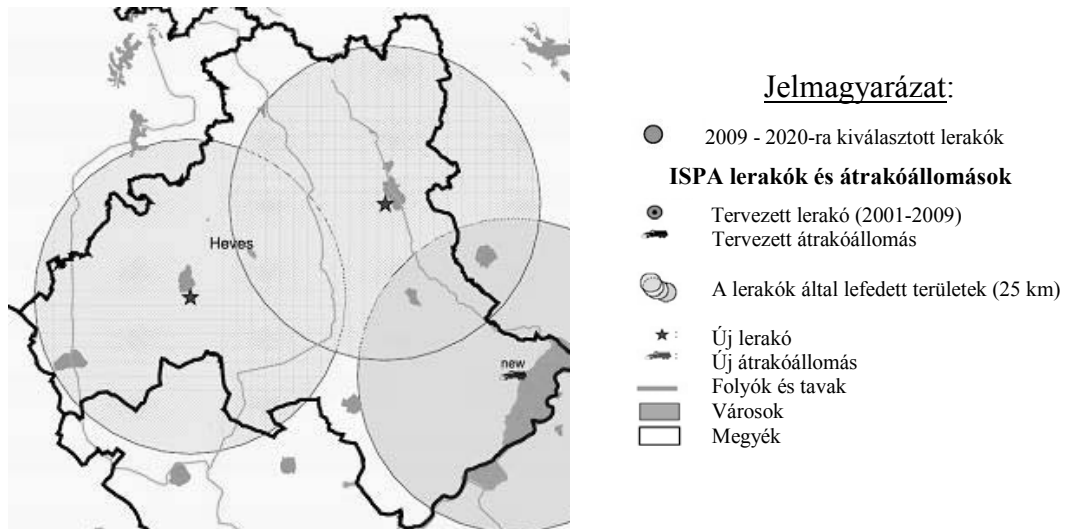
Forrás: Royal Haskoning – CANOR, 2003

A lista véglegesítésének utolsó lépése az engedélyezett kapacitással együttes szabad kapacitás megvitatása volt, ezzel kizárták a nem elegendő kapacitással rendelkező lerakókat.

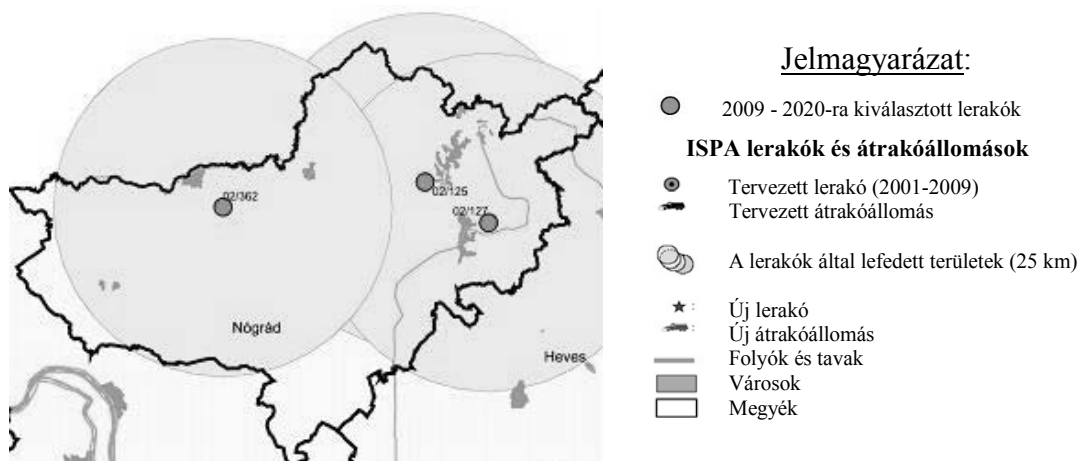
Észak-Magyarország jövőbeni lerakó-hálózatáról a 4.-6. ábrák nyújtanak információt. Az ábrákon az átrakóállomások illetve a tervezett lerakók is megjelenítésre kerültek. A tervezett lerakók, illetve átrakóállomások közül a felmérés óta már több megvalósításra került.



4. ábra: A 2009 utáni végleges hulladéklerakó- és átrakóállomás hálózat B.-A.-Z. megyében  
 Forrás: Royal Haskoning – CANOR, 2003



5. ábra: A 2009 utáni végleges hulladéklerakó- és átrakóállomás hálózat Heves megyében  
 Forrás: Royal Haskoning – CANOR, 2003



6. ábra: A 2009 utáni végleges hulladéklerakó- és átrakóállomás hálózat Nógrád megyében  
 Forrás: Royal Haskoning – CANOR, 2003

### Hulladéklerakók lezárása, rekultivációja

Pár éven belül be kell fejezni a hazai regionális lerakó hálózat kiépítését, és a feleslegessé váló lerakókat be kell zárni, a területet rekultiválni kell, illetve biztosítani kell a bezárt lerakók utógondozását.

A hulladéklerakók záró szigetelőrendszerének a feladata és rendeltetése a következő:

- az infiltráció megakadályozása, ill. a minimálisra csökkentése;
- növeli a biztonságot az aljzatszigetelőrendszer esetleges meghibásodása esetén;
- biztosítható a gázemisszió teljes kontrollja;
- megakadályozza a depónián lefutó csapadékvizek érintkezését a hulladékkal, s ezáltal a környezet felszíni, felszín alatti szennyeződését;
- megakadályozza a szennyeződés szél általi tovább szállítását;
- megakadályozza a hulladék közvetlen kapcsolatát az állatokkal és az emberekkel;
- csökkenti a depónia felületén az eróziót, elősegíti a rekultivációt;
- csurgalékvíz képződésének (és kezelésének) lehetőség szerinti csökkentése, továbbá a környezetbe való potenciális kijutásának megelőzése.

A depóniák végleges lezárására túlnyomórészt természetes- és mesterséges anyagú szigetelőrétegek jönnek számításba.

Általánosan elmondható, hogy a zárószigetelő-rendszernek a következő elemei vannak (a hulladéktól a felszín felé haladva):

- kiegyenlítő réteg,
- gázelvezető (gázmentesítő) réteg,
- szigetelő rétegek:
  - természetes anyagú,
  - mesterséges anyagú,
- szivárgó paplan,
- szűrő réteg,
- rekultivációs réteg,
- termőtalaj.

Figyelembe véve az 1999/31/EK irányelvet és az érvényes hazai szabályozást a hulladéklerakók lezárásának szabályozását a 7. a. és b. ábra foglalja össze.

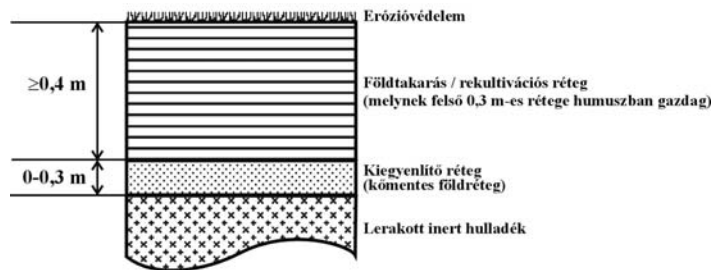
A B1b ill. B3 típusú lerakóknál a végső záró-szigetelő rendszer felépítése azonos, azonban a B3 típusnál célszerű a szigetelőréteg alá egy monitoring rendszer beépítése. A nemzetközi gyakorlat egyre inkább a zárószigetelés monitorozását részesíti előnyben az aljzatszigetelésével szemben, mert egy esetleges meghibásodás során a zárószigetelés javítása egyszerűbben gazdaságosabban oldható meg. Monitoring rendszer alkalmazásával számításba jöhetnek a hidraulikailag egyenértékű, de esetleg sérülékenyebb, gazdaságosabb alternatív zárószigetelő megoldások is.

A természetes anyagú szigetelőréteg amennyiben előírás (B1b; B3; C típusú lerakók)  $2 \times 25$  cm vastagságban építendő be, a szivárgási tényező megkívánt értéke B1b és B3 típusú lerakók esetén  $k \leq 5 \times 10^{-9}$  m/s, C típusú lerakó esetén  $k \leq 10^{-9}$  m/s.

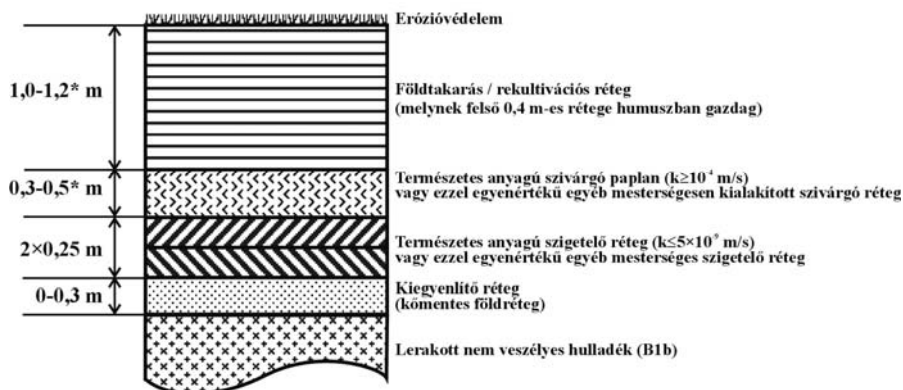
A geomembrán megkívánt vastagsága végleges lezárásnál a C típusú lerakóknál 2,5 mm. Megfelelő anyagválasztás és beépítés esetén élettartamuk mai ismereteink szerint a 100 évet meghaladja.

A szigetelőréteg fölé a nem veszélyes hulladékok lerakóinál (B1b; B3)  $k \geq 10^{-4}$  m/s, a veszélyeshulladék-lerakóinál (C)  $k \geq 10^{-3}$  m/s szivárgási tényezőjű, 30-50 cm vastagságú szivárgó paplan kerül, anyaga mosott kavics. A réteg vastagságát a lerakó vízháztartási vizsgálata alapján kell meghatározni hazai csapadékviszonyok mellett a 30 cm-es vastagság a lerakók többségének elegendő.

### A.) Inert hulladékok lerakója

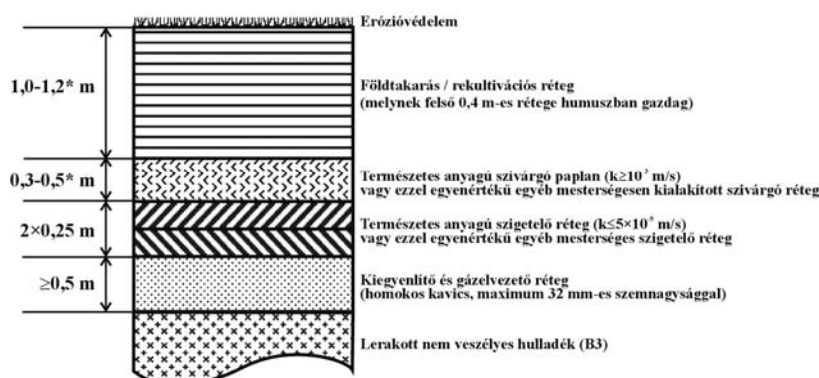


### B.) Nem veszélyes hulladékok lerakója (B1b)

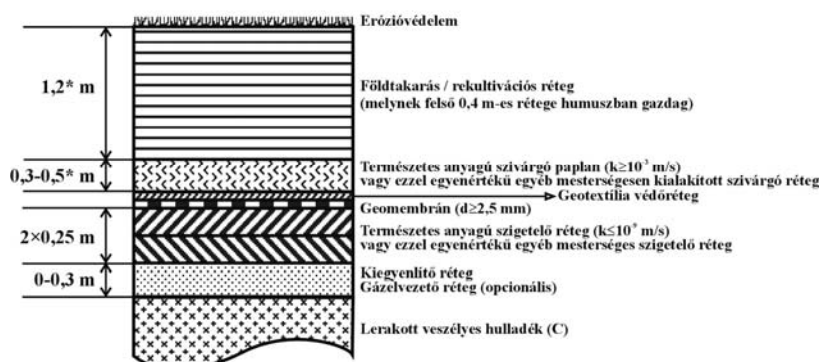


7./a. ábra: A hulladéklerakók felső (lezáró) szigetelésének hazai szabályozása (20/2006. (IV.5) KvVM rendelet)

### C.) Nem veszélyes hulladékok lerakója (B3)



### D.) Veszélyes hulladékok lerakója (C)



7./b. ábra: A hulladéklerakók felső (lezáró) szigetelésének hazai szabályozása (20/2006. (IV.5) KvVM rendelet)

Amennyiben az egyenértékűség igazolható (hidraulikai), úgy geokompozitok, geodrének beépítése is megengedett.

A szivárgó paplan fölül egy legalább 1,0-1,2 m vastag rekultivációs réteg kerül. A rekultivációs réteg anyagának kiválasztásában jelentős szerepet játszanak a helyi adottságok. A lehetőségeken belül figyelembe kell venni, hogy a réteg elsődleges szerepe a csurgalékvíz minimalizálása, tehát azok a talajok jönnek elsődlegesen számításba, amelyek jó víztározó-képességgel rendelkeznek, és az alkalmazott növényzettel együtt jelentős az evapotranspiráció.

A rekultivációs réteg vastagságát a rendelet szabályozza, a szigetelőréteg fölött a szivárgó- és rekultivációs réteg együttes vastagságának el kell érnie az 1,5 métert. Ez azt jelenti, hogy ha a szivárgó réteg vastagsága 0,3 m (a rendelet szerinti alsó érték) akkor a rekultivációs réteg 1,2 m, ill. 0,5 méternél 1,0 m vastag, és geodrén alkalmazása esetében értelemszerűen 1,5 m!

A rekultivációs réteg vastagságának a csökkentése csak olyan alternatív megoldásként jöhet számításba, amelyeknél a szigetelő funkciót betöltő elem nem időjárás érzékeny. Ilyen megoldás lehet pl. a geomembrán alkalmazása, azonban a nagyobb időjárás-hatásnak való kitétség miatt a membrán alá észlelőhálózat építése szükséges.

A humuszréteg vastagsága ne legyen több, mint 0,3 m, a térfogatsűrűség értéke 1,2-1,45 t/m<sup>3</sup> között, a szabadföldi vízkapacitás értéke legalább 200 mm legyen.

Az átszivargó vízmennyiséget tovább csökkenthetjük, ha a rekultivációs réteg alját (a humuszréteg és az altalaj alatt) ún. „gyökérszűrő” réteggént képezzük ki, azaz úgy építjük meg, hogy azon a gyökérszűrőnél nehezebben hatoljon át. Ilyen réteg lehet pl. egy 0,2-0,3 m vastag erősen kötött v. erősen kötőmelékes tömör ( $\sigma > 1,8 \text{ t/m}^3$ ) réteg, vagy számításba jöhetnek a geoműanyagok is.

#### *Alternatív megoldások a záró szigetelőrendszer kialakításánál*

Az elkövetkező években több mint kétezer lerakó bezárására kerül sor országos szinten. A törvényi szabályozás mindenképpen a nagy regionális lerakók adottságait veszi figyelembe, s meglehetősen költséges a rendelet szerinti kialakítás megvalósítása, ami alternatív lehetőségek alkalmazásának a szükségességét veti fel. Az alternatív megoldásoknál általános alapelvek, hogy természetes anyagú réteget csak természetes anyagúval, mesterséges műszaki védelmet úgy szintén csak mesterséges, egyenértékű védelemmel szabad helyettesíteni.

Alternatív megoldások számításba jöhetnek mind a szigetelőrendszerrel, mind pedig a szivargó paplannál.

#### *Alternatív megoldások a szigetelőrendszer elemeinél:*

##### *Bentonitszőnyeg:*

A bentonitszőnyegek elsősorban akkor jöhetnek számításba, ha a depóniánál nagy felszínsüllyedések várhatók. Német ajánlások (LAGA) alapján alkalmazásuk a következő esetekben ajánlott:

- kis veszélyeztető potenciált jelentő lerakók végleges zárószigetelésénél;
- általánosan ajánlott ideiglenes lezárásra, amíg a süllyedések nagy része lejátszódik.

Jelenleg még nem teljesen tisztázott kérdések:

- a geotextília komponens öregedésének a folyamata;
- a kiszáradás, biológiai hatásokkal szembeni hatékony és gazdaságos védekezési módszer.

##### *Polimerekkel javított homok-bentonit keverék:*

Előnye a természetes anyagú agyag szigetelésekkel szemben:

- jobb, hatékonyabb szigetelőképeség;
- kisebb megkívtant rétegvastagság;
- kedvezőbb alakváltozási jellemzők;
- jobb ún. „öngyógyuló” képesség;
- rövidebb kivitelezési idő.

További kutatást igényel:

- időállóság, öregedési folyamatok.

##### *Bentonit és ásványi anyagú keverékek:*

A lerakók helyén az esetek többségében nem áll rendelkezésre a helyszínen vagy gazdaságos távolságon belül jó minőségű agyag. Ebben az esetben kedvezően alkalmazhatók szemcsés talaj és bentonit megfelelő arányú keverékéből készített keverékek. A keverék szemcseeloszlása akkor a legjobb, ha megfelel a Fuller-görbe kívánalmainak. A keverési arányt előzetes vizsgálatokkal kell meghatározni, a szükséges bentonit mennyiség: 6-12% közötti, a bentonit minőségétől, agyagásványos összetételétől, őrlési finomságától függően.

Előnyei:

- meredek rézsűhajlásnál is alkalmazható, max 1:1,5;
- zsugorodásra kevésbé hajlamos, így kisebb az esélye száradási repedések kialakulásának;
- megfelelő tapasztalatok állnak rendelkezésre már kivitelezett zárószigeteléseknél.

Hátrányok:

- kivitelezése fokozott technológiai fegyelmet, felkészültséget igényel;
- a megkívánt vízzáróság csak szűk víztartalom intervallumban biztosítható, ezért a keverék előállítása speciális keverő-berendezést igényel a helyszínen;
- kivitelezés közbeni erózióérzékenység.

Kapilláris szigetelőrendszer:

A kapilláris szigetelőrendszer egy kétrétegű, eltérő szemcseméretű rétegekből álló rendszer. Alul helyezkedik a durvább szemcseméretű 0,2-0,3 m vastag, (általában kavics, homokos kavics) ún. kapilláris blokk fölé, pedig a 0,4-0,6 m vastag, finom-, középfinom-szemcséjű homok anyagú kapilláris réteg. Telítetlen állapotban a finomszemcséjű kapilláris rétegnek lényegesen nagyobb a kapilláris szívása, mint a durvaszemcséjű kapilláris blokknak, s így a háromfázisú (talaj–levegő–víz) rendszerben a kapilláris réteg szivárgási tényezője lényegesen nagyobb, mint a kapilláris blokkban.

Számos kedvező tapasztalat áll rendelkezésre a rendszer hatékonyságáról. 1:2,5 lejtőhajlásig problémamentesen kivitelezhető. A kapilláris réteg és kapilláris blokk közé célszerű egy geotextília szűrőréteg beépítése, a finomszemcsék bemosódásának elkerülése érdekében.

A rendszer előnyei:

- viszonylag egyszerű kivitelezhetőség, alacsony építési költségek;
- egyszerű minőségi ellenőrzés;
- kiszáradással szemben érzéketlen;
- nagyobb dőlésszögek melletti alkalmazhatóság.

Alkalmazásánál figyelembe kell venni, hogy szemben a többi „hagyományos” természetes anyagú szigetelőrétegekkel, a kapilláris szigetelő rendszer gázokkal szemben nem szigetel.

Geomembrán szigetelő fólia alkalmazása:

A geomembrán megkívánt vastagsága 2,0 mm. Megfelelő anyagválasztás és beépítés esetén élettartamuk mai ismereteink szerint a 100 évet meghaladja.

A kiválasztás szempontjai, követelmények:

- szigetelőképeség,
- mechanikai ellenállóképesség,
- időállóság,
- kivitelezési tulajdonságok, ellenőrizhetőség, javíthatóság.

A számos geomembrán típus közül a zárószigetelésnél elsősorban a HDPE, LDPE és EPDM fóliák jöhetnek számításba. A HDPE fóliával szemben az LDPE ill. EPDM fóliák alkalmazása sok esetben előnyösebb választásnak tűnik, mivel a várhatóan nagy deformációk esetében lényegesen kedvezőbb többtengelyű alakváltozási tulajdonságokkal-, nagyobb súrlódási szög értékkel rendelkeznek, ami különösen nagyobb lejtőszögek esetében lényeges, ugyanakkor a szennyezőanyagokkal szembeni gyengébb ellenállóképesség zárószigetelésnél nem releváns paraméter.

Aszfalt szigetelés:

Az aszfalt szigetelés számításba jöhet a szigetelő fólia helyett kombinált szigetelőrendszer elemeként, vagy önmagában is a záró szigetelőrendszer kialakításakor. Hazánkban az alkalmazása nem terjedt el.

*Alternatív megoldások a szivárgó paplan esetében:*

Geoműanyag szivárgók:

A geoműanyagokból felépített szivárgó réteg lehet speciálisan erre a célra előállított drénpaplan, vagy két geotextília közötti georács (geokompozit paplan).

Homok szivárgópaplan:

A rekultivációs réteg-, az esésviszonyok-, a növényi telepítés jó megválasztásával, a zárószigetelés vízháztartásának optimalizálásával esetenként megfontolandó, hogy a felhasználás helyén nagyon sokszor hiányzó szűrőkavics ( $k > 10^{-4} - 10^3$  m/s) helyett méretezett vastagságú homokrég kerüljön beépítésre, esetleg akár dréncövek beépítésével segítve a hatékony víztelenítést (Sasse, T. – Biener, E. 2002).

*Példák az alternatív szigetelőrendszerek felépítésére:*

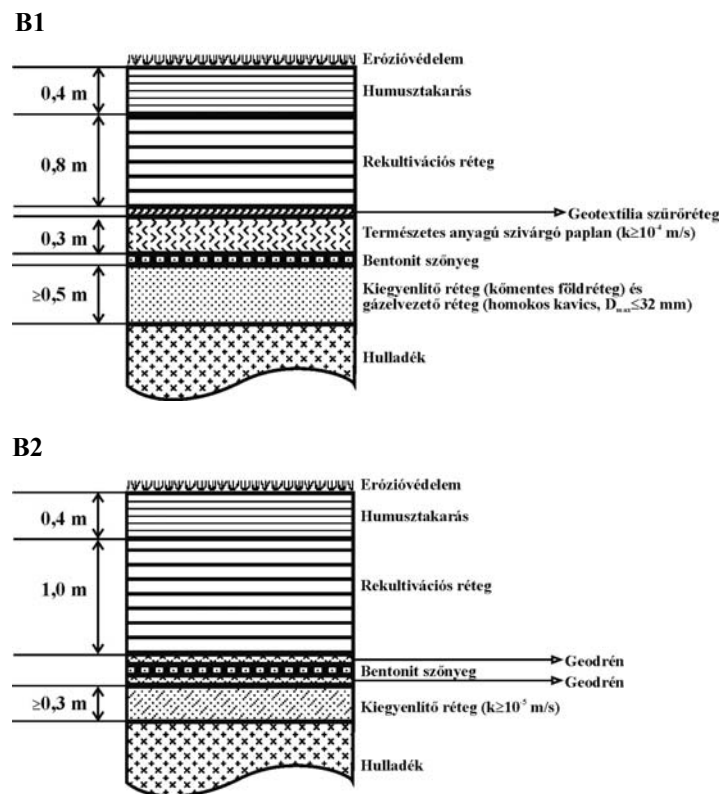
Az alternatív szigetelőrendszerek összehasonlításánál a két legfontosabb paraméter:

- a hatékonyság,
- a költségek.

Az előzőekben tárgyalt alternatív megoldások alkalmazására mutatnak be példákat a 8.-11. ábrák. Az ábrákon feltüntetett rétegekombinációk, méretek összhangban vannak a lerakó rendelet előírásaival, és közülük a helyi adottságok, a lerakó paramétereinek alapján, figyelembe véve a gazdaságossági szempontokat, lehet az optimális megoldást megtalálni.

A bentonitszőnyeg alkalmazásával kialakított rétegrend variánsokat (B1-B2) a 8. ábra szemlélteti. A talajkeverékből (pl. bentonit és talaj) kialakított rétegrendet a 9. ábra szemlélteti.

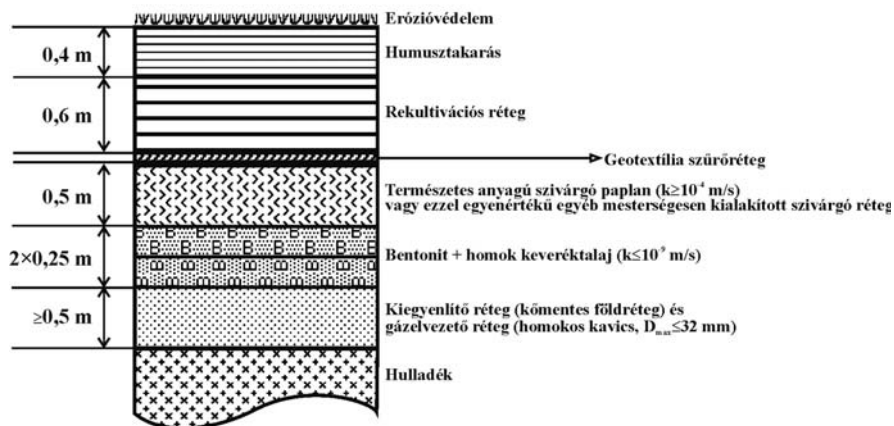
A kapilláris szigetelőrendszer kialakítására mutat be lehetőségeket a 10. ábra. A geomembrán szigetelő fólia alkalmazására mutat be lehetőségeket a 11. ábra.



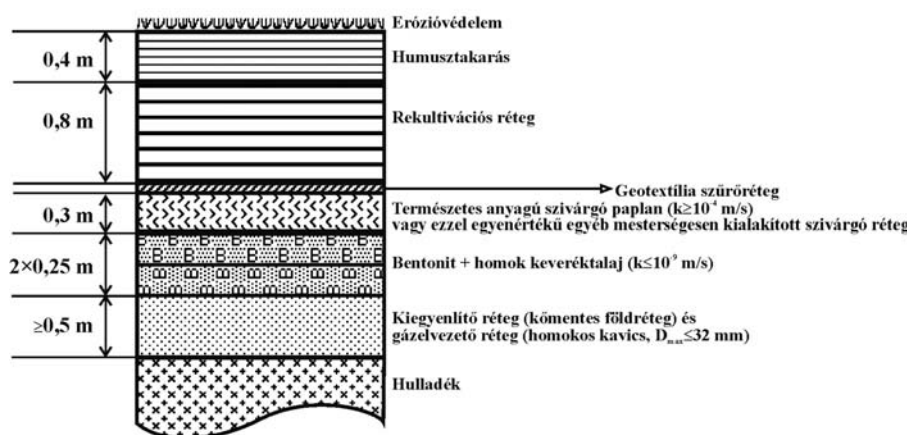
8. ábra: Alternatív zárószigetelő

Forrás: GEOSZABÓ, 2006

**HB1**

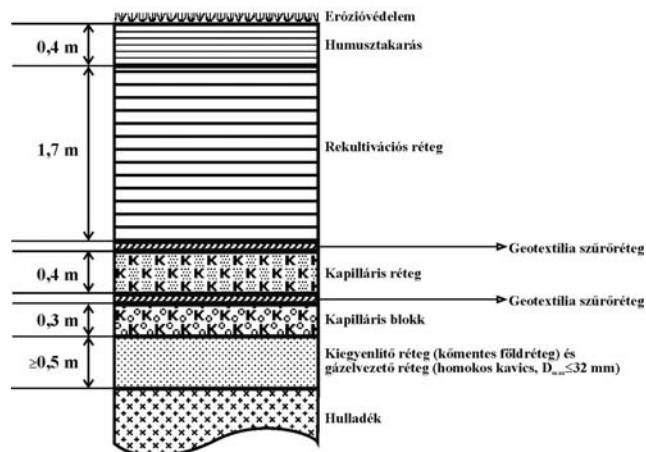


**HB2**

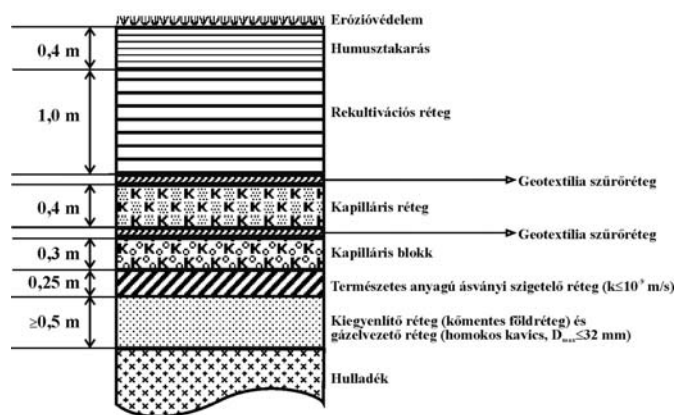


9. ábra: Alternatív zárószigetelő rendszer felépítése talajkeverék felhasználásával  
 Forrás: GEOSZABÓ, 2006

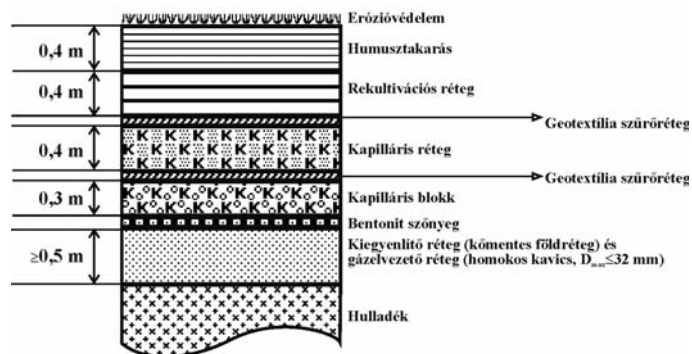
K1



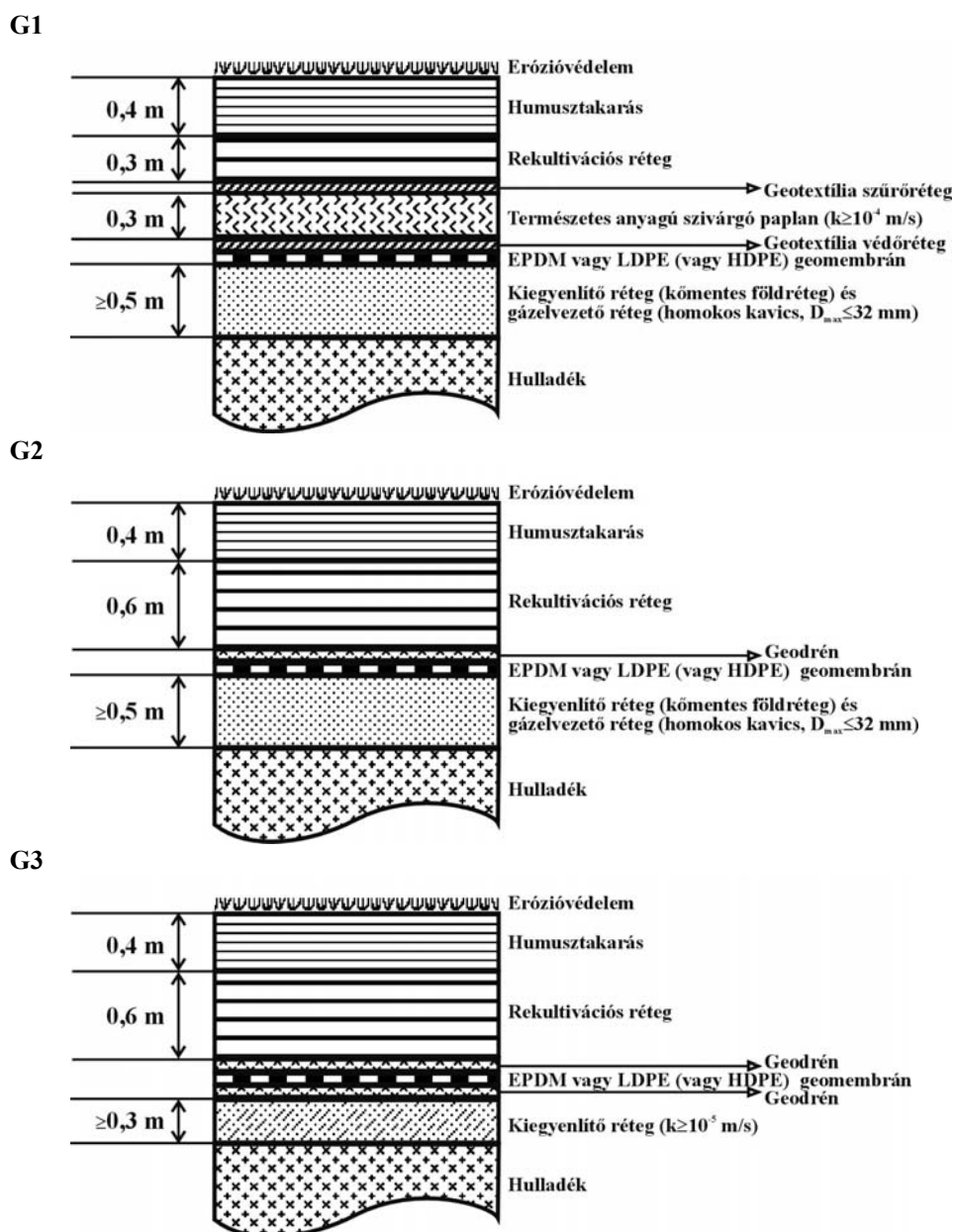
K2



K3



10. ábra: Alternatív zárószigetelő rendszer kialakítása: kapilláris zárószigetelés  
 Forrás: GEOSZABÓ, 2006.



11. ábra: Alternatív zárószigetelő rendszer felépítése geomembrán felhasználásával  
 Forrás: GEOSZABÓ, 2006

SZABÓ A. (2005) által végzett költségelemzések eredményeit foglalja össze a 4. táblázat, ill. a 12. ábra tünteti fel.

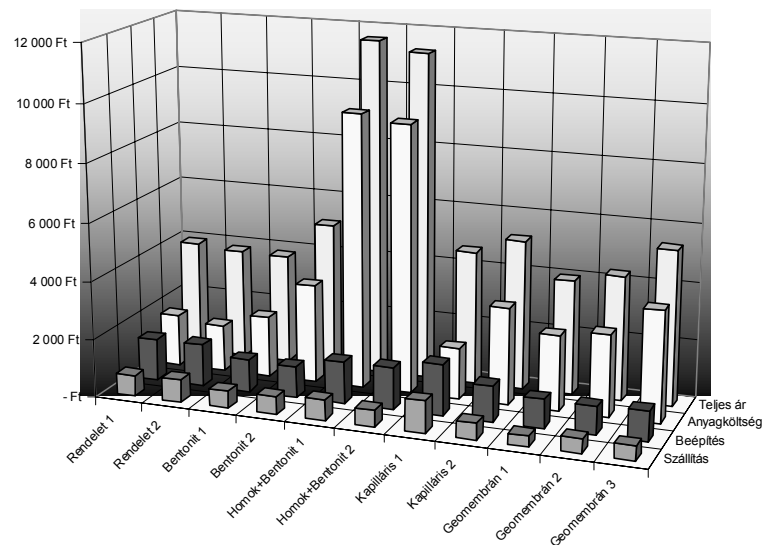
Az egyes lezárási technológiák költségelemzését elvégezve láthatjuk, hogy számos olyan alternatív megoldást találunk, amelynek a kivitelezési költsége versenyképes az agyag szigetelésekkel való összehasonlításban. Természetesen hibát követünk el akkor, ha egy

rendszert kizárólag a bekerülési költsége alapján vizsgálunk. A kivitelezés során számos olyan bizonytalansággal találkozhatunk, amely egy adott rendszer költségét jelentősen megnövelheti, illetve egyes esetekben lehetetlenné teszik az alkalmazását. Elég csupán, ha arra gondolunk, hogy mekkora nehézségekbe ütközik egy meredek rézsűn 50 cm vastagságú agyagszigetelést a kívánt paramétereknek megfelelően elkészíteni. Nem szabad figyelmen kívül hagyunk azt sem, hogy az időjárás a legtöbb technológia esetén nagymértékben befolyásolhatja a kivitelezés időtartamát, minőségét, s ezáltal jelentős költségkihatása van.

4. táblázat: A költségelemzés eredményeinek összefoglalása

Zárószigetelő rendszer	Anyagár (Ft/m <sup>2</sup> )	Szállítás (Ft/m <sup>2</sup> )	Beépítés (Ft/m <sup>2</sup> )	Teljes költség (Ft/m <sup>2</sup> )
Rendelet 1. variáns	1.790-1.980	700-750	1.450	3.940-4.180
Rendelet 2. variáns	1.590-1.780	780-830	1.450	3.820-4.060
Bentonitszőnyeg 1.	2.090-2.830	580	1.120	3.790-4.530
Bentonitszőnyeg 2.	3.410-4.820	600	1.060	5.070-6.480
Homok-bentonit keverék 1.	9.440-9.580	700-750	1.450	11.590-11.780
Homok-bentonit keverék 2.	9.240-9.380	580	1.450	11.270-11.410
Kapilláris 1.	1.760-2.020	1.100	1.750	4.610-4.870
Kapilláris 2.	3.370-4.480	580	1.240	5.160-6.300
Geomembrán 1.	2.590-3.080	380	995-1.245	3.965-4.705
Geomembrán 2.	2.820-3.530	500	970-1.220	4.290-5.250
Geomembrán 3.	3.820-4.9305	500	1.040-1.290	5.360-6.720

Forrás: Szabó 2005



12. ábra: A hazai lerakórendelet előírásainak megfelelő alternatív zárószigetelő rendszerek költségelemzésének eredménye

Forrás: Szabó 2005

A 12. ábra jól szemlélteti, hogy a homok-bentonit keverékből épített szigetelőrétegeknek kiugróan magas a költségük. Ez a többi szigetelő-rendszerhez képest bonyolult, nagy eszközigényű technológiának tudható be. Az eljárás alkalmazásának magyarországi gyakorlata még nem teljesen kiforrott, a technológiához megfelelő minőségű bentonittal rendelkező bányák anyagelőkészítési rendszere nem kifejezetten szigetelőréteg építési célokra állítják elő a bentonitot. Elképzelhető, hogy külön ezen feladatoknak megfelelő célirányos rendszerek és technológia alkalmazásával ez az anyagköltség olyan szintre is csökkenhet, hogy a többi alternatívával árban versenyképes lehet. Ehhez azonban komoly befektetésre van szükség mind a bányavállalkozó, mind a kivitelező oldaláról, s ugyanakkor a befektetés megtérülésére csak hosszú távon számíthatnak.

A versenyképesség megítélésében elsődleges szerepet kell kapnia az egyes rendszerek időállóságának, amelyről az egyes technológiák esetében eddig kevés tapasztalattal rendelkezünk. Tekintettel arra, hogy a hulladéklerakók lezárása Magyarországon szinte csak most kezdődik el, így nem hagyhatjuk figyelmen kívül a nemzetközi tapasztalatokat sem.

#### *A zárószigetelés hatékonyságának a vizsgálata, monitoring*

A zárószigetelés hatékonyságának az ellenőrzését a lerakó rendelet – szemben az aljzatszigeteléssel – nem írja elő, de abban az esetben, ha a rendeletben szabályozott kialakítástól eltérő szigetelőrendszert alkalmazunk, célszerű annak hatékonyságát ellenőrizni. Különösen vonatkozik ez azokra a rendszerekre, amelyeket ezidáig Magyarországon egyáltalán nem alkalmaztunk, és nemzetközileg is kevés tapasztalattal rendelkezünk, mint pl. a kapilláris zárószigetelés vagy a HYDROSTAB rendszer.

A gyakorlatban a következő három –megfelelő referenciákkal rendelkező- rendszer terjedt el: a GEOLOGGER rendszer, a TAUPE rendszer és a SENSOR rendszer. A TAUPE rendszer sajátossága, hogy nem az elektromos ellenállás/vezetőképesség mérésén, hanem az ún. dielektromos állandó mérésén alapul, és a víztartalom változását is tudja mérni.

Mindhárom rendszer megközelítőleg azonos paraméterekkel rendelkezik. A GEOLOGGER és a SENSOR rendszer költsége közel azonos  $1,5 - 3,0 \text{ Euro/m}^2$ , míg a TAUPE rendszer költsége (kb.  $5 \text{ Euro/m}^2$ ), de pontosabb információt nyújt.

**Irodalom**

- Balázs F. Csöke F. – Szabó A. (2001): Homokliszt és különböző típusú bentonitok keverékének vízzárósága helyszíni és laboratóriumi vizsgálatok alapján. Geotechnika 2001. okt. 30-31., Ráckeve, Konferencia Kiadvány, CD ROM
- Fenyvesiné Dr. Szathmáry E. (2005): Borsod-Abaúj-Zemplén megye hulladékgazdálkodási helyzete. Kör-Kép (Az Észak-magyarországi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség Lapja) XVII. 2.
- GEOSZABÓ Mérnöki Iroda (2006): Hulladéklerakók lezárása és rekultivációja. Tervezési műszaki segédlet, kézirat.
- Imre S. – Szabó A. - Szabó I. (2003): A HDPE és EPDM geomembránok összehasonlító vizsgálata a környezetvédelmi alkalmazhatóság szempontjából. XVII. Országos Környezetvédelmi Konferencia, Siófok, 2003. szept. 23–25., Konferencia Kiadvány, 487 – 496. o.
- Kovács B. – Szabó I. (2000): The problems of equivalency of alternative barrier systems used as waste deposit liners. Abfallvermeidung und -verwertung, Deponietechnik und Altlastensanierung, DepoTech, Leoben, Balkema, Rotterdam, 201-206. o.
- Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium (2004): Az Észak- magyarországi Statisztikai Régió Hulladékgazdálkodási Terve 2003-2008. Budapest.
- ROYAL HASKONING – CANOR LTD. (2003): Investigations on Municipal Solid Waste Landfills, Phare project HU 9911 – 01, 23rd January 2003. (Kézirat)
- Szabó A. (2004): Hulladéklerakók alternatív zárószigetelési lehetőségei. Mélyépítés, Springer Media Kiadó, 2004. január-március. 36-41. o.
- Szabó I. (1999): Hulladékelhelyezés. Egyetemi tankönyv, Miskolci Egyetemi Kiadó. 440. o.
- Szabó I. – Péntes E. (1994): Hulladéklerakók vízháztartása. Geotechnika, 94., Ráckeve, 1994. okt. 25-26. Konferencia Kiadvány
- Szabó I. (2004): The current state and future plans of closure and remediation of old landfills, as well as construction of new landfills. 2000, Abschluss und Rekultivierung von Deponien und Altlasten 2004., Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Band 132, Erich Schmidt Verlag, 149-161. o.
- Szabó I. – Tóth A. (2004): Bentonitszönyegek vizsgálata. Mélyépítés, Springer Média Kiadó, 2004. november. 22-31. o.

**Csóke Barnabás – Böhm József**

### **Regionális hulladékgazdálkodási feladatok Észak-Magyarországon**

#### **Bevezetés**

Az emberi szükségletek kielégítése - a termelés és a fogyasztás - során mindig keletkezik olyan maradékanyag, termék, elhasznált eszköz vagy csomagolóanyag, amelyet a keletkezés helyén a tulajdonos - gazdasági és műszaki okok miatt- sem az eredeti célra, sem más célra nem tud, nem kíván, vagy nem akar felhasználni, amelytől ezért meg kell szabadulnia- *ez a hulladék* (1. táblázat).

*1. táblázat: A főbb hulladékokból évente keletkező mennyiség Magyarországon*

Szilárd települési hulladék	4500 kt
Termelési hulladék:	85000 kt
Mezőgazdasági hulladék	35000 kt
Építési hulladékok	7000 kt
Gumiabroncs	42 kt
Akkumulátor	25 kt
Hűtőgép, hűtőszekrény	200000 db
Gépjármű	150000 db
Elektromos, elektronikai termékek	140 kt
TV készülék	300000 db
Számítógép	250000 db

*Forrás: BAY-LOGI, Miskolc*

A folyamat kiindulópontja az ásványi nyersanyagok kitermelése, amely a környezetbe való jelentős beavatkozással jár. A termelés és a fogyasztás hulladékainak lerakása pedig környezeti ártalmakat idézhet elő, és értékes földterületeket von el a természettől, valamint a mezőgazdaságtól. Mindez arra ösztönzi a társadalmat, hogy a termelést és a fogyasztást elsősorban a hulladékképződését megelőző hulladékszegény technológiák alkalmazásával és környezetbarát termékek előállításával, másodsorban a hulladék-anyagok termelési-fogyasztási folyamatba való minél teljesebb visszaforgatásával, valamint a hulladékok kezelésével, ártalmatlanításával a környezetet és a természeti erőforrásokat kímélő módon folytassa. *E tevékenységet összefoglalóan hulladékgazdálkodásnak nevezzük.*

A fejlett hulladékgazdálkodás kialakítása azonban igen összetett feladat, amely igényli: egyrészt a közreműködők – a termelők-vállalkozók, a lakosság, a hulladékkezelők, valamint a kormányzat és önkormányzat - feladatai a törvényi és gazdasági összehangolását, másrészt a szükséges műszaki technológiai rendszer hazai kialakítását. Ez utóbbi feladat nagyságát az osztrák e célra rendelkezésre álló műszaki bázis példáján szemléltetjük.

2. táblázat: A hulladékkezelő és hulladékhasznosító művek száma és kapacitása Ausztriában

Berendezéstípusok	Darab	kt/év
Fizikai-kémiai hulladékkezelő művek és speciális feldolgozó üzemek (főként fizikai előkészítőművek, mint pl. elhasznált autó, hűtőszekrény, háztartási és elektronikai eszközök, valamint az ólom akkumulátor, nehézfém tartalmú iszapok, stb. feldolgozó üze­mei)	148	932
Építési törmelék feldolgozó előkészítő üzemek, ill. berendezések	160	5000
Termikus hulladékkezelő üzemek	65	1800
Biológiai hulladékkezelő üzemek (maradék hulladék feldolgozására)	9	303
Biohulladék komposztáló művek	489	763
Válogatómű	98	650
Anyaghasznosító üzemek	67	1900

Forrás: Umweltbundesamt, Anlagendatenbank, 1998

A hulladék kezelésére Ausztriában - lerakók nélkül - mintegy 940 üzem szolgál (2.táblázat), amelyekben hulladékok kémiai, termikus, biológiai, vagy fizikai átalakítása, hasznosítása történik. Hazai szempontból különösen is feltűnő a fizikai hulladék előkészítő üzemek nagy száma. Az elhasznált autók, hűtőszekrények, elektronikai készülékek, akkumulátorok, fénycsővek, nehézfém tartalmú iszapok, stb. újrahasznosításra való előkészítésére 148 előkészítőművet üzemeltetnek; szelektíven gyűjtött szilárd települési hulladékokat válogató művek száma 98; az építési hulladékokra 160 és komposztálásra 489 előkészítő üzemet telepítettek. Mindezekből az előttünk álló feladatok nagysága és pénzügyi követelményei is érzékelhetők.

A hulladékok hasznosítását szolgáló mérnökök felelőssége azonban igen nagy, hiszen a napjainkban és az elkövetkező 10 évben megvalósuló több száz üzemet magába foglaló hazai hulladékgazdálkodási infrastruktúra meghatározza a tevékenység gazdasági és társadalmi eredményességét, valamint környezetünk állapotát.

Jelen munka, a bemutatott példákon keresztül, a korszerű szemlélet és hulladékgazdálkodási technológiai rendszer minél eredményesebb kialakítását kívánja elősegíteni, különös tekintettel az észak-magyarországi régióra.

### Hulladékgazdálkodás helyzete az Észak-magyarországi régióban

A 3. táblázat a nagy hulladékcsoportok Észak-Magyarország régióban keletkezett mennyiségét szemlélteti.

3. táblázat: Hulladékok éves mennyisége Észak-Magyarországon

Hulladék	Mennyiség, kt/év
Ipari és más gazdálkodói nem veszélyes hulladékok	3 260
Mezőgazdasági és élelmiszeripari nem veszélyes hulladékok	1 130
Települési szilárd hulladék	680
Települési folyékony hulladék	620
Építési, bontási és más inert hulladék	430
Összesen	6 160

Az ipari hulladékok közül legjelentősebb mennyiséget az erőműi pernye képviseli (74 %), de tetemes a kohászati salakok és a bányameddő (együtt 15 %) mennyisége is.

4. táblázat: Hulladékok kezelése az Észak-Magyarország régióban

Hulladék	Hasznosítás foka, %	Lerakott mennyiség tömegaránya, %
Ipari és más gazdálkodói nem veszélyes hulladékok	25	76
Mezőgazdasági és élelmiszeripari nem veszélyes hulladékok	90	5
Települési szilárd hulladék	17	83
Építési, bontási és más inert hulladék	55	45

Az összes hulladéknak a Régióban hozzávetőlegesen a harmadát hasznosítjuk (4.táblázat), ennek fele a mezőgazdasági és élelmiszeripari hulladék. Mind a települési szilárd hulladékok, mind az ipari hulladékok esetében azonban még mindig nagyobb a lerakott hulladék aránya, mint a hasznosítotté. Az ipari hulladékok esetében különösen a pernyehasznosításban való lemaradásunk szembetűnő az európai összevetésben: a fejlett európai országokban a pernyehasznosítás eléri a 60–80 % - t.

5. táblázat: Szilárd települési hulladékokból származó csomagolóanyag-hulladékok szelektív gyűjtés és válogatás, valamint égetés révén a fejlett országokban

Ország	Hasznosítás %	Hasznosítás anyagában, %	Hasznosítás* égetéssel, %
Dánia	83	37	65
Németország	65	63	25
Franciaország	55	40	42
Olaszország	32	3	16
Hollandia	-	55	40
Ausztria	66	61	
Svédország	65	58	55
Nagy-Britannia	34	30	10
Magyarország	34	3...6	kb. 10

Forrás: külföldi adatok Datenbank der Wirtschaftskammer Österreich, 00.10.

\* -a szilárd települési hulladék teljes mennyiségéhez viszonyítva

A szilárd települési hulladékok esetében az európai fejlett országokkal való összevetésből kitűnik (5. táblázat), hogy az anyagában hasznosításban igen sok a tennivalónk, a termikus hasznosítás vonatkozásában a helyzet pedig elkészerítőnek is mondható. Mint későbbiekben bizonyítjuk ezen a helyzeten a jelenleg megvalósult (miskolci és sajókazai válogatómű, ill. komposztáló egységek) és a tervezett fejlesztések (egri, nógrádi és bodrogkeresztúri válogató és komposztáló üzemek) csak részben jelentek előre lépést, s nem adnak megoldást a lerakásra kerülő mennyiség gyökeres csökkentésére.

Az építési hulladékok vonatkozásában igen biztató a helyzet, az aszfalt hulladék éves mennyisége 15 kt, a meglévő kapacitás (4 egység) 27 kt. Az ipari eredetű 120 és a lakosságtól származó 300 kt építési, bontási hulladék hasznosítására 3 korszerű üzem már megépült (Sajókazán, Bodrogkeresztúrtban és Egerben) 200-250 kt kapacitással, és további üzemek építési várható.

Magyarországon kb. 140 kt elektronikai-letrotechnikai hulladék keletkezik. Észak-Magyarországi mennyisége 4000...6000 t/év –ra becsülhető (6.táblázat). Az eddig létrejött kézi bontási kapacitás (11 db kis bontó) e hulladék kb. 50 %-ának bontását fedi le, a korszerű gépi feldolgozás azonban (shredder-üzem) teljes mértékben hiányzik, ami komoly anyagi veszteséggel jár, hiszen az jobb feldolgozottság nagyobb termékárat von maga után.

6. táblázat: Elektronikai eszközök a régióban

	A régióban használatban van	A régióban évente kidobásra kerül
Színes TV	541 000	100 000
Fekete-fehér TV	127 000	38 000
Videomagnó	259 000	78 000
Videokamera	27 000	8 000
Telefon	464 000	139 000
Mobiltelefon	96 000	29 000
Számítógép	300 000	100 000

Forrás: BAY-LOGI, Miskolc

A Régió hulladékgazdálkodási koncepciója megfelelő, a kérdés azonban az, hogy az egyes kistérségekre vonatkozó koncepciók milyen konkrét műszaki tartalommal valósuljanak meg.

BAZ-megyében Dél-Borsod, Bódva-Sajó-völgy és Miskolc esetében a nyertes ISPA projekt szerint halad a fejlesztés (lerakó, válogatómű, építési hulladék feldolgozás és a komposztálás már részben megvalósult), Tokaj-Bodrogkeresztúr a teljes projekt kidolgozásának fázisában van (a lerakó és építési hulladékfeldolgozás már megvalósult), a komplex rendszer kiépítése érdekében még van tennivalójuk. Mindemellert a megyében szilárd települési hulladékok esetében maradék hulladék kezelésnek, másodtüzelőanyagok maradék hulladékból erőműi és cementgyári célra történő előállításának, lomok gyűjtése és hasznosítása, átrakóállomások, komposztáló kialakításának; valamint a elektronikai hulladékok gyűjtésének és feldolgozásának a korszerű megoldása is az elkövetkező évek aktuális feladata. A térség bányászati meddői, pernyéi és kohászati salakjai is hasznosításra várnak.

Heves megyében az egeri kistérségben és Nógrádban (a salgótarjáni, nógrádmarecali, bányaterenyei és széchenyi lerakókhöz kapcsolódóan) az egész megyét lefedő rendszer kialakítása a cél: lerakó és Egerben az építési hulladék feldolgozó üzem már megvalósult, a válogatómű(vek), átrakó állomások, komposztáló létesítése a napjaink feladata. Természetesen az elektronikai és ipari hulladékok feldolgozó rendszerei itt is kiépítésre várnak.

A továbbiakban az előbbieken vázolt feladatok megoldásához kívánunk segítséget nyújtani.

### Szilárd települési hulladékok komplex feldolgozása és hasznosítása

#### **Hagyományos kezelés szelektív gyűjtéssel, válogatással és komposztálás, valamint lerakással vagy égetéssel**

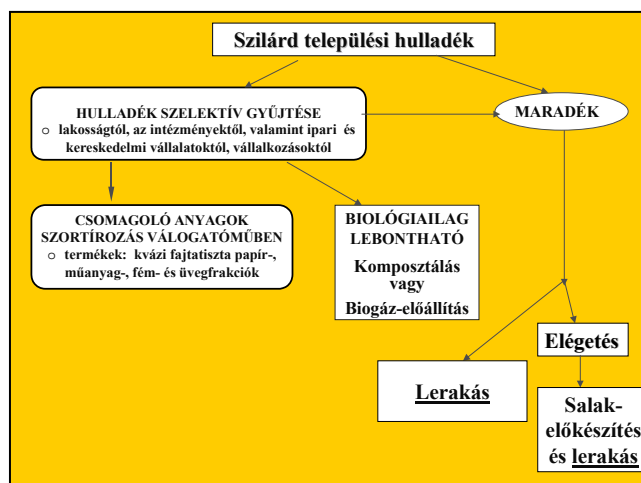
Magyarországon 4,0-4,5 millió tonna háztartási és összetételében ahhoz hasonló ipari-kereskedelmi hulladék keletkezik, amely jelenleg nagyrészt deponálásra kerül.

A fejlett ipari országokban szilárd települési hulladékok kezelésének többé-kevésbé egységes rendszere alakult ki Európában, amit ma mi is követünk (1.ábra). E szerint a szilárd települési hulladék az együttkezelhetőség szempontjából három fő hulladékcsoportra bontható:

1) *csomagoló anyagok*: a szilárd települési teljes hulladék 30-40 % -a; *üveg* : fehér, barna, zöld; *papír*: nyomdai termékek, karton, hullámpapír; *könnyű csomagoló anyagok*: fémek: vas és alumínium konzerves, italos és más dobozok; műanyagok.

2) *biohulladékok*: 40-50 %; biológiailag lebontható természetes anyagok (növényi hulladék, ételmaradék stb.);

3.) *maradvány*: 30-10 %.



1. ábra: Szilárd települési hulladékok

Ennek megfelelően a hulladékgazdálkodási hagyományos rendszer fő elemei: a csomagolóanyagok szelektív gyűjtése és szortírozás (válogatása); a biológiailag lebontható rész szelektív gyűjtése és kezelése (komposztálás és biogáz előállítás); és a maradvány elégetése és/vagy lerakása.

**Hagyományos rendszer tovább fejlesztése a maradékanyag kezelése-hasznosítása érdekében: másodnyers- és tüzelőanyagok előállítása**

A fenti ma már hagyományosnak tekinthető rendszernek vannak azonban hátrányai is:

- Nem csökkenti elegendő mértékben a lerakandó hulladék mennyiségét: mivel a csomagolóanyagok és a biológiai lebontható rész szelektív gyűjtésének hatásfoka kb. 50...60 %, ezért a kezeletlen maradvány a teljes települési hulladék 50...60 %-a - a hulladék tetemesebb része tehát – kezeletlenül kerül lerakásra, emiatt a lerakás költségei továbbra is nagyok.
- E települési szilárd maradékanyag ugyanakkor alapvetően mezőgazdasági, ill. energetikai szempontból hasznos komponensekből áll: ez egyaránt igaz biológiailag lebontható, mind pedig biológiailag nem lebontható (vagy nehezen lebontható) szerves részre.
- A szelektívgyűjtés (csomagoló és biológiailag lebontható anyagokra) és kézi-gépi válogatás túlerőltetése e rendszert is gazdaságtalanná teszi, különösen igaz ez a BAZ és Nógrád megye számos kistérsége vonatkozásában, ahol az egy főre vetített éves szilárd települési hulladék mennyisége nem éri el a 300 kg-t, és az iparból származó háztartási jellegű (azaz a háztartáshoz hasonló – nemtermelés specifikus) ipari hulladék jelentős ipar és szolgáltatás hiányában elenyésző.
- A kezdetben szelektív gyűjtést követően képződő települési maradék hulladék elégetése
  - a maradék kedvezőtlen tüzeléstechnikai tulajdonságai (alacsony fűtőérték, nagy nedvesség- és hamutartalom) miatt - gazdasági szempontból előnytelen.

A fentiek vezettek: elsőként (kb. 20...25 éve) a lakossági hulladékból másodtüzelőanyag előállítására mechanikai eljárásokra alapozott technológiákkal (német rövidítése BRAM =

Brennstoffs aus Müll, angol rövidítése RDF: Refuse Derived Fuel), majd pedig a 90-es években a maradékanyag a biológiailag lebontható része nedvességtartalmának csökkentésére, és jobb minőségű alternatív tüzelőanyag előállítása érdekében a szilárd települési hulladék maradékanyagának ún. stabilizációs (elsősorban biológiai stabilizációs) kezelésének a bevezetésére.

*Az aerob biológiai stabilizációs kezelés* (amikor a szerves anyagokból CO<sub>2</sub> és víz keletkezik, a teljes maradékanyag 40 %-al, a kiindulási anyaghoz képest a nedvességtartalom felére-harmadára csökken a lebontás során, a kezelt anyag fűtőértéke több mint kétszeresére nő) egyik fő célja a lerakóban különböző gázok és szivárgó, illetve lefolyóvizek mennyiségének csökkentés, azaz a környezetet károsító komponensek minimalizálása, illetve a teljes megszüntetése. A másik, előbbivel szoros kapcsolatban álló célkitűzés, hogy a rendelkezésünkre álló mikroorganizmusokat úgy használjuk fel, a működésüket úgy befolyásoljuk, hogy a kiindulási anyagban (hulladékban) meglévő toxikus tartalmat a legnagyobb mértékben minimalizáljuk. Ezt az eljárást biológiai stabilizálásnak nevezzük.

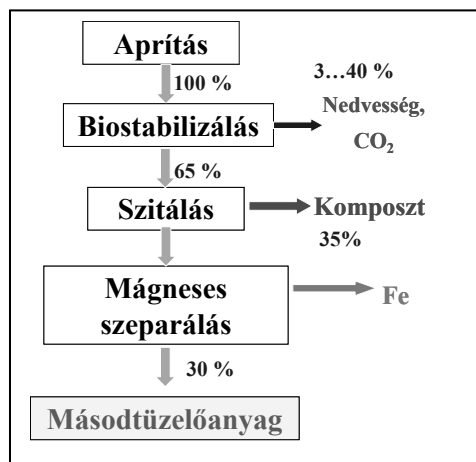
*Mechanikai-biológiai stabilizálás* (Csőke 2004, Csőke-Alexa-Olessák-Ferencz-Bokányi 2006, Csőke 2003)

(német rövidítése: MBA=Mechanisch-biologische Abfallbehandlung; angol rövidítés: MBT = Mechanical-biological treatment) általános célja:

- egy, a nagyfűtőértékű komponensekben gazdag és
- egy, a nagyfűtőértékű komponensekben szegény frakció előállítása, ill. ennek a terméknek lerakása: olyan lerakandó termék előállítása, ami megfelel a lerakóba elhelyezés feltételeinek mind az eltávozó levegő, mind a szivárgó víz, mind pedig a szilárd fázisból való kioldódásra vonatkozóan.

E technológiával 3000...6000 kJ/kg fűtőértékű és

- Rendszerint az anyagot biológiai úton stabilizálják (komposztálják) és a stabilizált anyagból (a stabilátból) nyerik ki szitálással a nagyfűtőértékű komponensekben gazdag frakciót.



2.ábra. A mechanikai-biológiai stabilizálás általános technológiai folyamata

30...45 % nedvességtartalmú 3000...6000 kJ/kg fűtőértékű nyers hulladékból 11000...16000 kJ/kg fűtőértékű és 10 % körüli nedvességtartalmú másodtüzelőanyagot állíthatunk elő. Minderről már megfelelő hazai tapasztalatokkal is rendelkezünk (7. és 8. táblázat).

7. táblázat: Szemcsefrakciók anyagi összetétele  
(Mérés helye: VERTIKÁL Rt., Polgárdi)

Szemcseméret [mm]	Tömeghányad [%]	2002.július 24-i mérés		
		Tömegarány, [%]		Száras anyagra vonatkoztatott fűtőérték F <sub>o</sub> , [MJ/kg]
		Műanyag + textil + papír	kő +egyéb	
> 200	<b>60...50</b>	<b>81,17</b>	7,22	<b>21,22</b>
150 – 200		<b>77,59</b>	12,87	
100 – 150		<b>79,10</b>	9,86	
50 – 100		<b>61,20</b>	23,71	
20 – 50	<b>40...50</b>	41,44	<b>42,30</b>	<b>7,37</b>
12 – 20		19,13	<b>66,29</b>	
8 – 12		12,12	<b>80,60</b>	
– 8		0...10	<b>90...100</b>	
Σ	100	53,41	33,88	



Eljárástechnikai szempontból igen fontosak a részletek, nevezetesen a szemcsefrakciók tulajdonságai (Csőke 2004, Csőke-Alexa-Olessák-Ferencz-Bokányi 2006, Csőke 2003). Megállapítható, hogy

- a fűtőérték a szemcsemérettel szignifikánsan nő (8. táblázat), miközben a hamu- és nedvességtartalom ellenkező képet mutat: a kisebb méretfrakciókban nő meg;
- mindegyik egyértelmű magyarázattal szolgál az (7. táblázat), hogy: az anyagi összetétel szempontjából két legfontosabb anyagszoport, nevezetesen a leghasznosabb *éghető anyagok (műanyagok, textil, papír)* és az *ásványos (kőzet +komposzt)* rész, eltérően helyezkedik el (eltérően rendeződik el) a stabilizált anyag szemcseméret-frakcióiban; a >50 mm szemcsefrakciók éghetőben növekvő módon dúsabb, a < 50 mm szemcsefrakciók jórészt kőzet és komposzt (egyéb) szemcsékből állnak.
- Az anyagi összetétel vonatkozásában kiemelésre érdemes továbbá, hogy
  - a műanyag és a textil a legnagyobb méretű frakcióban (> 100 mm),
  - a papír a közepes szemcseméret-frakcióban (20...100 mm),
  - a komposzt pedig a legkisebben (< 20...50 mm) dúsul.

8. táblázat: Stabilát fő tüzeléstechnikai jellemzői

(Mérés helye: VERTIKÁL Rt., Polgárdi)

<b>BIOSTABILIZÁLT HULLADÉK</b>				
Szemcse- méret x, [ mm ]	Tömeg- eloszlás [% ]	Fűtő- érték MJ/kg	Nedvesség- tartalom [% ]	Hamu- tartalom [% ]
<50	54,09	6,33	10,59	41,2
50 – 150	34,72	12,94	6,14	25,7
>150	11,19	20,43	3,33	27,5
<b>Σ</b>	<b>100,00</b>	<b>10,20</b>	<b>8,23</b>	<b>34,3</b>
<b>Σ mért</b>		<b>11,79</b>		<b>32,9</b>
<i>Vegyes kemény műanyag</i>				
<b>Σ mért</b>		<b>36,17</b>	<b>0</b>	<b>3,7</b>
<b>NYERSHULLADÉK</b>				
		Fűtőérték MJ/kg	Nedvességtartalom [% ]	Hamutartalom [% ]
<b>Σ mért</b>		<b>5,79</b>	<b>26,86</b>	<b>29,8</b>

A 9. táblázat adataiból az is egyértelműen kitűnik, hogy a szemcseméret alkalmas megválasztásával a tüzelőanyag-termék minősége (fűtőértékre, hamu és nedvességtartalma) szabályozható – mindezt az előzetes (biostabilizálás előtti) vagy utólagos (stabilizálás után) aprítással is befolyásolhatjuk. Az eljárás alkalmazása Európában (Csőke 2004, Csőke-Alexa-Olessák-Ferencz-Bokányi 2006, Csőke 2003) meglehetősen széleskörű (9. táblázat)

9. táblázat: MBA kapacitás az európai országokban

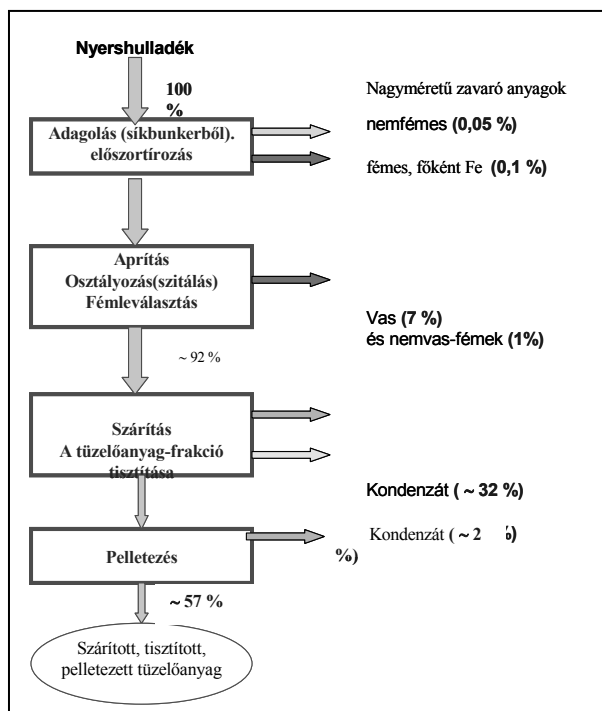
Ország	MBH kapacitás (ezer t/év)
Olaszország	7 500
Németország	5 600
Ausztria	3 000
Spanyolország	2 100
Lengyelország	500
Franciaország	300
Portugália	200
Horvátország	60
Összesen	19 260

Forrás: Csőke 2004, Csőke-Alexa-Olessák-Ferencz-Bokányi 2006, Csőke 2003

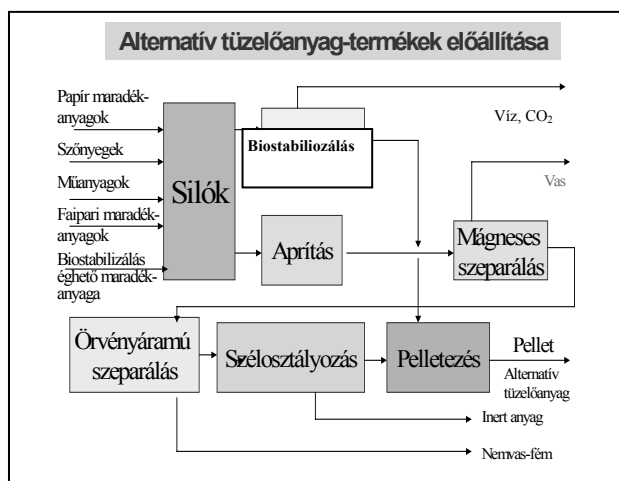
*Mechanikai-fizikai stabilizálás* (német rövidítése: MPS=Mechanisch-physikalische Stabilisierung, angol rövidítése: MPS=Mechanical-physical stabilization)

A mechanikai-fizikai stabilizálás fő célja olyan tüzelőanyag előállítása (3. ábra), amelynek elegendően kicsi a nedvességtartalma (< 10 %), és a kívánt mértékben mentes a nem éghető inert és fémes anyagoktól. Ezért a kinyert laza alternatív tüzelőanyag frakciót szárításnak és fémleválasztásnak vetik alá, végezetül pedig rendszerint pelletéznek (vagy brikettezik). A főbb műveleteket az alábbi ábra mutatja be. Cél továbbá a lerakandó anyag minimalizálása, a teljes széntartalom hasznosítása.

A nagyobb tüzeléstechnikai minőségi követelményeket (mint amelyet pl. a cementgyárak igényelnek) csak újabb minőségjavító (elsősorban sűrűség szerint szeparáción alapuló) műveletek alkalmazásával elégíthetjük ki. Ezért a szilárd települési maradék hulladékokból történő másodtüzelőanyag előállításakor a szélesebb körű hasznosítás érdekében a stabilizálás során kapott terméket célszerű más, főként az iparból származó nagyfűtőértékű hulladékokkal minőségi (garantáltan állandó összetételű és garantált fűtőértékű) terméké formálni. Erre mutat példát az 4. ábra.



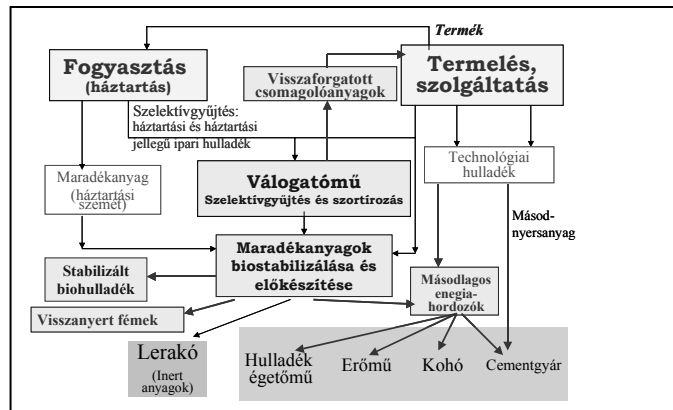
3. ábra: A mechanikai-fizikai stabilizálás



4. ábra: Hulladék-előkészítési technológia tüzelőanyag előállítására

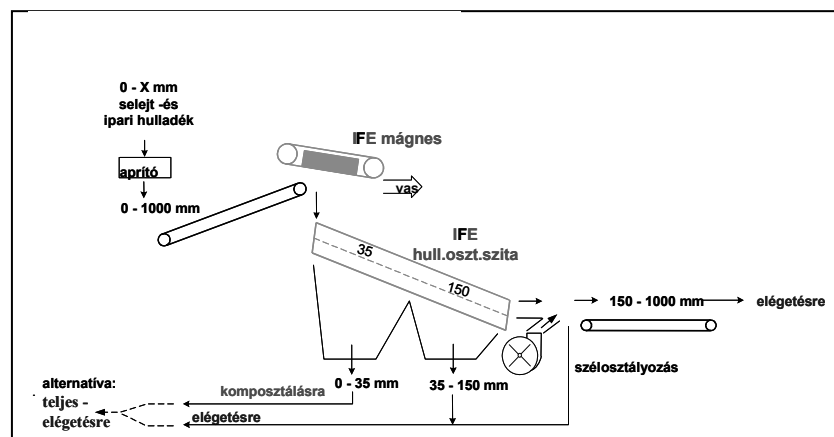
Forrás: Csöke 2004, GVOP-3.1.1.-2004-05-0460/3.0 projekt

A szilárd települési hulladékok biostabilizálással és másodtüzelőanyag előállításával kialakult kezelési rendszerét a 5. ábra szemlélteti.



5.ábra: A csomagolóanyagok szelektív gyűjtésével és a válogatóműben történő szortírozásával egységes rendszert képező biostabilizálás komplex hulladékgazdálkodási rendszere  
Forrás: Csőke 2004, GVOP-3.1.1.-2004-05-0460/3.0 projekt

A másodtüzelőanyag nyers maradék hulladékból történő előállítására az IFE technológiáját [18] mutatjuk be (6.ábra). A technológiai folyamatban az előáprított anyagot elsőként mágneses szeparálásnak vetik alá, majd 35 a komposztálásra leválasztják a biológiailag lebontható finom (< 35 mm-es) részt, ezt követően a > 35 mm-es részt 150 mm-es nyílásméretű szitával egy nagyobb és egy kisebb fűtőértékű részre bontják (ez utóbbi az égetőművekben kerülhet feladásra). A durvább frakcióból (>150 mm) szélosztályozóval egy kissűrűségű (főként fóliából álló) nagy fűtőértékű részt is leválasztanak a cementgyárak számára, a szélosztályozó másik (nagyobb sűrűségű, tömegű) terméke az erőművekben égethető el.

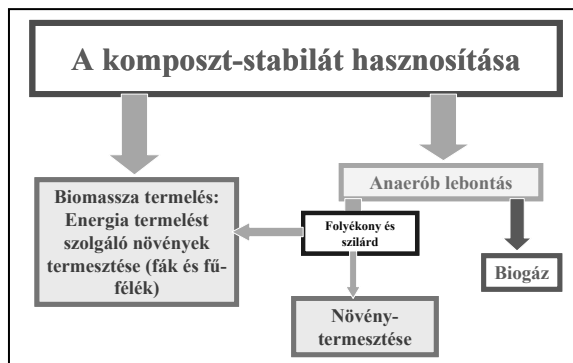


6.ábra: Ipari hulladék feldolgozása – 1. kiépítési fokozat  
Forrás: IFE katalógus

A fenti rendszernek is vannak hiányosságai:

- Nagy mennyiségű a komposzt-stabilát, kérdéses a teljes mennyiség hasznosítása.
- A komposzt-stabilát mezőgazdasági hasznosítása nem megoldott.

#### **Stabilát további feldolgozása, hasznosítása**



7.ábra: Komposztrész hasznosítása energia növények (füvek, erdők), valamint biogáz előállítására

Forrás: GVOP-3.1.1.-2004-05-0460/3.0 projekt

- Ha az égetőműbe adom fel a komposzt-stabilátot is (azaz a teljes stabilátot elégetem), akkor az így kapott tüzelőanyag fűtőértéke alacsony (csak hulladék-égetőműben lehet elégetni).

E hátrányok kiküszöbölhetők a komposzt anaerób lebontásával, amivel biogázhoz, valamint, a növénytermesztésben, ill. az energetikai növények (fűfélék, fa) termesztésében trágyaként hasznosítható folyékony és szilárd anyaghoz jutunk (7. ábra), (GVOP-3.1.1.-2004-05-0460/3.0 projekt).

*Itt érdemes egy új technológia alkalmazását is megvizsgálni, nevezetesen a biogáz és biostabilát előállítását komplex A-A-A (aerob-anaerob-aerob) száraz fermentálási technológiával.*

Az új eljárás alapja az anaerób és az aerob erjesztés közismert folyamatainak összekapcsolása. A hagyományos biogáz-előállításakor bemenő anyagok betáplálása a reaktorba napi rendszerű, amelyben a tartózkodás 7-21 napra tehető a kiindulási anyagok minőségének függvényében. Az új eljárás arra törekszik, hogy az általános anaerób eljárásokkal szemben, ahol csak nedves (legfeljebb 10 százalékos szilárdanyag-tartalmú) hulladékot tudnak kezelni, az új eljárásnál „szárazon”, azaz a nyers hulladék természetes nedvességtartalmához közelálló nedvességtartalom mellett is (a szilárd kommunális hulladék jellemzően körülbelül 40-50 százalékos szilárdanyag-tartalmú) hatékony anaerób fermentálás valósuljon meg.

*Előnyök:*

- Az eljárás a szilárd települési nyers hulladék összes biológiailag lebontható szerves anyag tartalmát egyetlen technológiai folyamatban kétértékes terméké alakítja át: biogázzá és komposzttá.
- Az eljárás során nem történik szennyezőanyag-kibocsátás, szivárgás, illetve nem keletkezik kilúgozott anyag.

- A keletkező gáznemű termékek tisztítás után elégetésre kerülnek. Az előállított biogáz körülbelül 50-60 százaléka metán (a földgáz fő alkotóeleme), körülbelül 40-50 százaléka pedig szén-dioxid.
- A folyamat során nyert komposzt, a megfelelő mechanikai tisztítást követően, talajjavító mezőgazdasági felhasználásra, illetve rekultivációs célokra hasznosítható.

### **Ipari melléktermékek, mint másodlagos építési nyersanyagok**

Hazánk nagy mennyiségű ipari ásványi melléktermékkel rendelkezik, amelyek hányókban, halnákban vagy hulladéklerakókban nyertek és nyernek elhelyezést. A legjelentősebbek:

- Bányameddők: ~1000 millió m<sup>3</sup> (~1 milliárd m<sup>3</sup>)
- Erőműi salakok és pernyék: ~180 millió m<sup>3</sup>
- Kohászati salakok: ~10 millió m<sup>3</sup>
- Építési hulladékok ~7 millió m<sup>3</sup>/év keletkezett

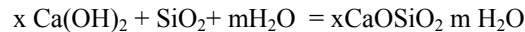
Ezek az anyagok, amint az 10. táblázat is szemlélteti, különösen az építőipar és az útépités számára, jelentős másodnyersanyag-források.

### **Szénerőműi pernyék**

(szerk. Gáspár 2005, Erőműi pernye, kohósalak...2004, GVOP-3.1.1.-2004-05-0113/3.0 projekt)

Hazánkban a szilárd tüzelőanyagok (kőszén, barnaszén, lignit) mai is fontos szerepet játszanak az energia-termelésben. Évente mintegy 4-5 millió tonna pernye és salak keletkezik, melyből 3,5 millió tonna az elektrofilterekben leválasztott finom pernye. A tárolt ~184 millió m<sup>3</sup> pernye amellet, hogy környezeti kockázatot jelent a környező felszíni és felszínalatti vizekre, értékes földterületeket (1000 ha) von el a gazdaságtól.

Az erőműi pernye szenek elégetésekor keletkező, az elektrofilterekben vagy mechanikai porleválasztókban leválasztott puccolános tulajdonságokkal, ill. puccolános aktivitással rendelkező porszerű maradékanyag, amely vízzel keverve önmagában rendszerint nem, de oldott kalcium-hidroxid jelenlétében megköt, gyakorlatilag vízben oldhatatlan reakcióterméket képezve (hidraulikusan) megszilárdul:



A  $\text{Ca(OH)}_2$  és a pernye aktív anyaga (elsősorban az  $\text{SiO}_2$ ) közötti reakciót puccolános reakciónak nevezik, a pernyét pedig „mesterséges puccolánnak”. A pernyék puccolános tulajdonságait, ill. aktivitását a fizikai és kémiai jellemzők összessége határozza meg, legfontosabbak:

- kémiai- és fázisösszetétel,
- diszperzitásfok (szemcseméret-eloszlás, fajlagos felület),
- pernye-részecskék morfológiája.

A pernye túlnyomóan amorf (üveges). Kristályos komponensei a mullit, a kvarc, a magnetit és a hematit. A nagy Ca-tartalmú pernyékben periklász, anhidrit, kalcit, alkalicémes szulfátjai, melilit, merwinít, nefelin, szodalit,  $\text{C}_3\text{S}$  és  $\text{C}_2\text{A}$  is előfordul. A pernye puccolános aktivitásában a „reakcióképes”  $\text{SiO}_2$  és  $\text{Al}_2\text{O}_3$  mennyisége a mérvadó, amelyeket alapvetően az üveges fázis hordoz. A hazai savanyú pernyék általában jelentős „üvegfázist” tartalmaznak, és az üvegfázisban jelenlévő  $\text{SiO}_2$  és  $\text{Al}_2\text{O}_3$  70-80 %-a reakcióképes. A pernye őrléssel (>4000 cm<sup>2</sup>/g fajlagos felületre) hatásosan aktiválható (GVOP-3.1.1.-2004-05-0113/3.0 projekt, Csőke-Mucsi-Opoczky-Gábel).

A hazai pernyéket kémiai összetételük alapján két nagy csoportba oszthatjuk:

- *savanyú pernyék*: SiO<sub>2</sub> tartalmuk (45-60 %) és a CaO tartalmuk nem haladja meg a 15 %-ot (újabb szabályozás szerint az aktív mésztartalom a 10 %-ot nem haladhatja meg).
- *bázikus pernyék*: 30-40 % CaO és csak 20-25 % SiO<sub>2</sub> tartalmaznak. (aktív CaO 10 % feletti lehet).

10. táblázat: Ipari ásványi melléktermékek felhasználási módja

Felhasználási terület	Felhasznált melléktermék
<b>Közvetlen felhasználás</b>	
töltések, földművek építése	bányameddő, kohászati salakok, erőműi pernyék, építési hulladék (törmelék)
aszfaltgyártás (finom filler kiváltására)	erőműi pernye
beton adalékanyagként (szemcseösszetétel beállításhoz)	bányameddő, kohósalak, erőműi pernye és salak, építési hulladék (főként betontörmelék)
mechanikai stabilizáció szemcsés adalékanyaga	bányameddő, kohósalak, építési hulladék
kötőanyag stabilizáció szemcsés adalékanyaga	bányameddő, kohósalak, építési hulladék
<b>Közvetett felhasználás</b>	
önálló kötőanyag	bázikus pernye, kohósalak, szénbányászati kiégett vörös salak
aktiválás bázikus adalékkal és kötőanyagként történő felhasználása	savanyú pernye, szénbányászati kiégett vörös salak
stabilizációk készítése (előkevert, helyszínen kevert)	bázikus pernye és aktivált pernye, kohósalak, szénbányászati kiégett vörös salak

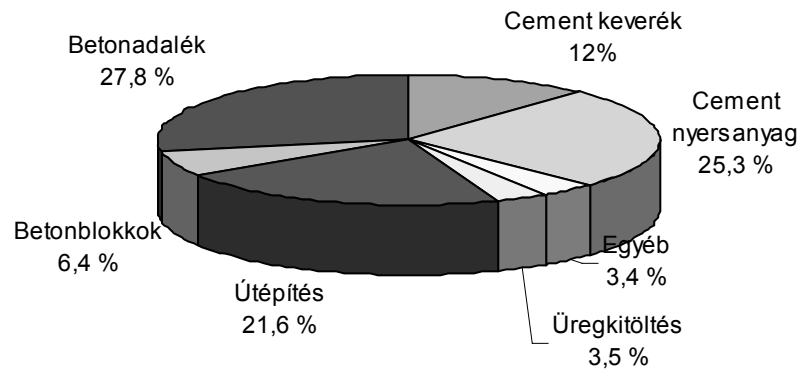
11. táblázat: Hazai erőművek pernyéinek részleges kémiai összetétele [%]

	Erőmű	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Izz.v.
1.	Gyöngyösvisontai	55-60	16-18	8-12	5-7	1,4-2,5	1,5-6,5	1-2	0,2-0,0	2,6-6
2.	Tisza-palkonyai	55-60	25-28	5-7	3-7					1-2
3.	Pécsi	50-56	24-34	8-12	1-4	1-2	0,5-1,0	0-0,5	1,5-2,5	3-6
4.	Borsodi	49-55	21-28	7-12	5-10	1,5-3	1-3	1,0-2,2	1-1,3	1-3
5.	Tatabányai	45-51	24-32	7-15	2-8	2-8	1-7	1-2	0,5-1,3	1-3
6.	Mátravidéki	45-52	16-20	11-14	8-12	2-4	2-4	0,5-1,5	0-0,5	0,5-3
7.	Oroszlányi	41-18	25-28	9-17	7-11	2-4	3-3	0,5-1,5	0,5-1,0	1-2
8.	Ajkai	19-25	15-26	7-16	35-43	3-5	4-10			0-2
9.	Inotai	18-30	6-11	8-11	32-34	3-6	4-8	1,3-1,6	0,7-0,0	0,5-3

A pernyét több évtizede felhasználják, mint építőanyagot (8. ábra), (szerk. Gáspár 2005, Erőműi pernye, kohósalak...2004). A hasznosítással kapcsolatban sem ökológiai, sem egészségügyi hátrány nem merült fel. A pernye nem toxikus. Különleges intézkedés a feldolgozásánál és alkalmazásánál nem volt szükség. Radioaktivitásának mértéke általában ugyanakkora, mint más építőanyagoké. A nehézfémek túlnyomórészt az üvegamorf fázisban szilárdan megkötve található és a vízzel említésre méltó mértékben nem oldódnak ki. A pernye hasznosítása kémeli a természetes nyersanyag-előfordulásokat, az építési nyersanyagok helyettesítésével tehermentesíti a környezetet azoktól a hatásoktól amely az építési nyersanyagok, alapanyagok (és a szükséges energia) kitermelése, előkészítése igényel.

12. táblázat: Pernyehányók Észak-Magyarországon

Erőmű	Zagyter felülete ha	Zagytert érfogata Mm <sup>3</sup>	Zagyter magassága m
Borsod	15	19,1	3-12
Visonta	51	7,6	8
Tiszai	255	14,1	2-3
Összesen	320	408	



8. ábra: A széntüzelésű erőműi pernyék hasznosítása az EU-ban 2002-ban (EU 15 tagállama)

Forrás: szerk. Gáspár (2005): Erőműi pernye, kohósalak...2004

Külön kiemeljük a szénerőműi pernyét, amely a legértékesebb, és primer ásványi nyersanyagokkal szemben legversenyképesebb ipari melléktermék. Ennek oka a pernye sokoldalú felhasználhatósága (8.ábra), amely miatt a fejlett ipari országokban csaknem teljesen felhasználják:

- Hollandiában, Németországban Belgiumban, Olaszországban, Ausztriában és Dániában ez az arány gyakorlatilag 100 %,
- de például Nagy-Britanniában csak 40 % .

A korábbi években szinte minden megyében épült pernye felhasználásával kísérleti útszakasz. Majd megkezdődött az országos hasznosítás, melynek eredményeként 1975-1990 évek között pernye felhasználásával épült útszakasz:

- pernyés alapréteg ill. erősítő alapréteg esetén ~ 4 millió m<sup>2</sup>,
- pernye töltőanyagú aszfaltréteg ~ 5 millió m<sup>2</sup>.

Az útépitésben a pernye hasznosítás gazdasági előnyeinek forrása:

- *A kisebb halmazsűrűség*, amely kb. fele akkora, mint bármely más primer nyersanyagé (pl. homokos kavics, finom homok, tiszta közúzalék) vagy más melléktermékeké (pl. iszapos homokliszt, meddő közúzalék, tiszta közúzalék), számottevően csökkenti az anyagkitermelés, -mozgatás és -szállítás energiafelhasználását.
- Főként az előbbi okok miatt a pernye megszerzése olcsóbb, mint az egyéb rendelkezésre álló granulátum és kötőanyag.
- A pernyéből készült útburkolat mechanikai tulajdonságai jobbak.
- Kedvezőbb bedolgozhatóság kisebb munka és energiaköltséggel jár.

13. táblázat: fajlagos energiatartalom különbség 1 km autópálya esetében

S.sz	Szerkezet megnevezése	Hagyományos szerkezet			Pernyés szerkezet		
		Térfogat [m <sup>3</sup> ]	Teljes fajl. energiatartalom [MJ/m <sup>3</sup> ]	Teljes energiatart. [MJ]	Térfogat [m <sup>3</sup> ]	Teljes fajl. energiatart. [MJ/m <sup>3</sup> ]	Teljes energiatart. [MJ]
1.	Töltés [m <sup>3</sup> ]	40 000	108,10	4 324 000	44 800	86,48	3 874 304
2.	Javítóréteg [m <sup>3</sup> ]	9 600	109,50	1 050 200	4 800	79,05	379 440
3.	Alsó alapréteg 1. [m <sup>3</sup> ]	4 400	1260,00	5 544 000	4 400	696,00	3 062 400
4.	Alsó alapréteg 2. [m <sup>3</sup> ]	4 200	1462,50	6 142 500	4 200	919,00	3 859 800
Mindösszesen				17 061 700	Mindösszesen		11 175 944
Fajlagos energiatartalom különbség							34,50 %

Forrás: Gáspár L-Karoliny M

Ha feltételezzük, hogy pl. az autópálya valamennyi szerkezeti elemébe (töltés, javítóréteg, alsó alapréteg 1. és 2.) pernyével helyettesítjük a primer ásványi nyersanyagokat, akkor az 13. táblázat szerinti energiaviszonyokat kapjuk.

A táblázatból kitűnik, hogy

- az autópálya minden kilométere 45-51 ezer m<sup>3</sup> mennyiségű melléktermék befogadására képes;
- figyelembe véve, hogy jelenleg éves autópálya-munkálatok meghaladják a 100 km-t, csak az autópálya munkálatok révén több, mint 5 millió m<sup>3</sup> melléktermék építhető be és (cement mészkő és anyag kitermelését is figyelembe véve) kb. 6 millió köbméter primer ásványi nyersanyag kitermelése elkerülhető.

Nagy ellentmondás, hogy a fentiek ellenére a cementgyárak kivételével, mind a beton készítésben, mind pedig az útépitésben a pernyefelhasználás csekély, amelyet az egyébként kiküszöbölhető eljárástechnikai hiányosságok (egyenletes, garantált minőség, megfelelő őrlési finomság hiánya, szállításnál kiporzás) magyaráznak.

**Bányameddők** (Forrás: szerk. Gáspár (2005): Erőműi pernye, kohósalak...2004)

A *bányameddő* bányászati melléktermék, mely nem tartalmazza azt az anyagot, amelyért a bányában a termelés folyik: pl. csökkent érc tartalmú kőzet, nem megfelelő minőségű építőkő, széntelepbe ékelődött kőzetes, éghető anyag tartalom nélküli agyagos, agyagos-márgás kőzetréteg stb..

Az 1990-s években folyó kutatások alapján az országban mintegy öt-hatezer hányón a található bányameddők 1 milliárd tonna mennyiséget képviselnek, amelynek a fele néhány száz objektumra fordul elő. Mintegy 1100-ra becsülhető az egykori országos mérleg szerint jelentősebb, de gyakorlatilag hozzá nem férhető (természetvédelmi terület, lerakóhely,

beerdősödött terület, stb.) hányó. A Magyar Geológiai Szolgálat által nyilvántartott meddőkészlet (ld. 2003 évkönyvet) 485 millió m<sup>3</sup>.

14.táblázat: Bányameddők mennyisége

Borsod-Adaúj-Zemplén	250 Mt
Heves	150 Mt
Nógrád	40 Mt
Összesen:	440 Mt

A hazai és a nemzetközi tapasztalatok szerint a bányákból származó és az előkészítés során keletkező meddő felhasználása fejlett ipari országokban lényegében háromféle módon történik:

- nyersmeddőként közvetlenül feltöltési, üregkitöltési anyagként;
- megfelelő mértékű előkészítéssel, főként aprítás és osztályozás után, útépítési alépítmények - hordozóréteg, hidraulikus és aszfalt útalap – készítésekor adalékanyagaként, a cement- és téglaiipari, kerámiai ipari (mázok, töltőanyagok) másodnyersanyagaként, továbbá burkolólap-gyártás, mezőgazdasági talajjavító-anyag előállításakor nyersanyagaként;
- nagyobb mérvű átalakítást, előkészítést-nemesítést követően építőanyagként: mészadagolással szilikátblokkok, termikus kezeléssel könnyű granulátumok, valamint égetett téglák, lapok gyártásával.

A kiégett szénmeddő vörös salakját –ld. a mellékletben a franci tapasztalatokat- az útépítés sokoldalúan felhasználja, fontosabb területek:

- földmű-építés, gátépítés, tereprendezés ,
- megerősített föld-támfal szemcsés anyaga,
- lakó- és ipartelepi, mező- és erdőgazdasági utak és tárolóterületek, parkolók, sportpályák, sétányok stb. alaprétégenek építése, ill. javított földutak építése, nagyobb forgalmi utak kötőanyag alaprétégenek szemcsés anyaga.

*A kő és kavicsbányák meddőinek hasznosításának módja az útépítésben*

A kőbányák művelése és a zútottkő előállítása különböző fázisaiban háromféle meddő keletkezik:

- lefedési meddő,
- bányaüzemi meddő
- és üzemtelepi technológiai meddő.

A lefedési meddő, a hasznos közetréteg takaró anyaga. Ha a lefedési meddő jelentős hányada homok, murva vagy más hasznosítható anyag, akkor azt elkülönítve, hozzáférhető módon indokolt tárolni. A bányászati (köztes) meddőt többnyire a hasznos közettest kisebb szilárdságú zárványai és üledékei képezik. Az előkészítés során ezt a meddőt vagy az előtörő előtt 80-150 mm-es mozsztott ráccsal, vagy pedig az előtörő után kb. 80 mm-es vibrátorral választják le. A bányászati meddőből szitálással gyakran visszanyerik a 30 mm fölötti színkövet. A megmaradó 0-30 mm-es részt szintén célszerű elkülönítve, hozzáférhető módon tárolni, mivel útépítési célra felhasználható. Az üzemtelepi technológiai meddő a zútottkőtermékek előállítása során a közetre tapadt szennyeződésből és a gyengébb minőségű közet aprózódásából képződik.

A pályaszerkezetek alaprétégeiben jó minőségű zútottkő termékeket lehet a kőbányák különböző meddőinek szakszerű kezelésével helyettesíteni. Az előzőekben ismertetett kőbányameddőkől útépítési hasznosíthatóság szempontjából – megfelelő elkülönítés esetén – három termék: lefedési homok, meddős zútottkő és meddős zúzalék keletkezik. A *meddős zútottkő* az

előtörő előtt vagy után leválasztott – szinkő-visszanyerés nélkül – 0-50 – 0-80 mm-es bányauzemi meddő. Ebből az útépités során mechanikai stabilizáció készíthető. A *meddős zúzalék* a szemcseméret-eloszlás és a minőség szempontjából állandó tulajdonságú elkülönítve tárolt 0-5, 0-12 vagy 0-20 mm-es üzemtelepi technológiai meddő és 0-30 mm-es bányauzemi meddő. Ezek alkalmasak mind kötőanyag, mind mechanikailag stabilizált alaprétegek készítésére. Ha a 0-20 – 0-30 mm-es meddő finom része rendszertelenül és tág határok között változik, akkor kötőanyag alaprétegek céljára indokolt azt 0-6 és >6 mm-es frakcióra szétválasztani. Ezek megfelelő arányú összekeverésével biztosítható a kívánt szemcseméret-eloszlás. A meddős zúzalékból cement, hidraulikus pernye, nem hidraulikus pernye és mész, továbbá granulált kohósalak-kötőanyagú burkolatalapok készíthetők.

#### *Kavicsbányászati meddők*

A kavicsbányászás során lefedési meddő, továbbá agyagos durva előkészítési un. előleválasztási meddő, valamint a nedvesen osztályozott homokos kavics előállításakor, pedig osztályozási (homokos) meddő keletkezik. A lefedési meddő a kitermelendő homok-kavicsréteg fedő anyaga, amely vékonyabb humuszos felső réteg alatt helyezkedik, és jelentős részben iszapos homokos kavics vagy homok. Ezeket – a meddős zúzalékhoz hasonlóan – az útépités során hidraulikus kötőanyagokkal lehet stabilizálni. Kötőanyag nélkül mechanikai stabilizáció és töltés is építhető belőlük. Az agyagrögös durva előleválasztási meddő olyan vegyes szemcseméret-eloszlású anyag, amelyet az agyagrögökkel együtt távolítanak el: 20-30 mm fölötti kavicszemekre homok és talaj tapad. Ebből az anyagból mechanikai stabilizáció készíthető. Az osztályozási meddő (iszapos homok, iszapos homokos kavics) a túlságosan sok homokot tartalmazó homokos kavicsból kiszitált 0-5 mm-es vegyes szemeloszlású anyag, ami az útépitéskor kötőanyaggal szintén stabilizálható.

Nagyobb bányák meddőhányóinál célszerű körzeti keverőtelepeket telepíteni. A bányászati meddő hasznosítása ott gazdaságos, ahol a munkahelyhez közelebb van, mint az egyéb szemcsés anyag.

#### *Szénbányászati meddők*

*Fekete meddő.* A szénbányák környékén nagy mennyiségű fekete vagy szürke színű meddő halmozódik fel. Ezek ásványtani összetétele: kvarc homokköves részekből, kevesebb földpát és átlátszatlan ásványok. Jó szervezéssel a friss fekete meddőt azonnal az útépitési munkahelyre szállítják. Az osztályozatlan fekete meddőből töltés vagy kapilláris víz hatásának ki nem tett védőréteg építhető.

*A kiégett vörös meddő (salak)* egyes kőszenes meddőhányókban öngyulladás következtében keletkezik. A nagy hőmérsékleten a vasásványok oxidálódnak, az anyag vörössé válik, miközben a meddő geotechnikai tulajdonságai is jelentősen módosul és salaknak minősül. A vörössalak finom zúzalékának szintén puccolános tulajdonságai vannak. Salaknak minősülő vörös meddő sok /30-50 %/  $\text{SiO}_2$ -t és  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -at, kevesebb /7 % körüli/  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -at és kevés /1,5 % körüli/  $\text{CaO}$ -t és  $\text{MgO}$ -t tartalmaz.

Az osztályozatlan vörös /kiégett/ meddőkből építhető:

- töltés és védőréteg - kapilláris víz hatásának kitett földművön is - a tömör száraz térfogatsűrűség: 1,8-2,0 t/m<sup>3</sup>;
- megerősített föld-támfal, a szemcsés anyagának jellemzői:  $D_{\max} = 50$  mm, a 0,08 mm alatti frakció max. 5 %;
- ipartelepi, mezőgazdasági tárolóterületek burkolása, kislevegő utak, autópálya-leállósávok burkolatalapja.

Zúzott és osztályozott 0/6 és 6/20 mm-es vörös salak, ha Los Angeles-i aprózódási vesztesége legfeljebb 30 %, a nedves mikro-Deval értéke 25 % körüli, felhasználható, mint

- kötőanyag nélküli burkolatalap /mechanikai stabilizáció/;
- kötőanyagossal burkolatalapok szemcsés anyaga; tájékoztató kötőanyag-igények:
  - = 85 % salakhoz: 15 % tört granulált kohósalak és 1 % mész,
  - = 85 % salakhoz: 13 % pernye és 3 % mész,
  - = 3,5-4 % cement;
- burkolatalap puccolános kötőanyaga: 95 % vörös salak legalább 37 % finom frakcióval és 5% mész.

#### **Kohászati salakok [10]**

A salak (ipari kőzet) az ércek meddő alkotórészeinek, valamint a fémolvadékokból eltávolítandó nem kívánatos elemeknek folyékony állapotban keletkező, majd megdermedő keveréke.

A vaskohászati salakok keletkezésüktől függően az alábbi módon csoportosíthatók:

- nagyolvasztói salakok vagy kohósalakok,
- konverteres acélműi salakok,
- elektroacél-gyártási salakok,
- üstmetallurgiai salakok.

Hasznosítás szempontjából az első három csoport a legfontosabb; ezek teszik ki a salakok döntő mennyiségét is.

Vaskohászati salakokmennyisége:

Ózd	4,6 millió m <sup>3</sup>
Miskolc	1,0 millió m <sup>3</sup>
<u>Dunaújváros</u>	<u>4,5 millió m<sup>3</sup></u>
Összesen:	10,1 millió m <sup>3</sup>

*Nagyolvasztói salakok* (kohósalakok) olyan Ca-Al-Mg szilikátok amelyekben a CaO tartalom lekötéséhez elegendő egyéb komponens áll rendelkezésre. Összetételük és tulajdonságaik nem sokban különbözik a bazaltól.

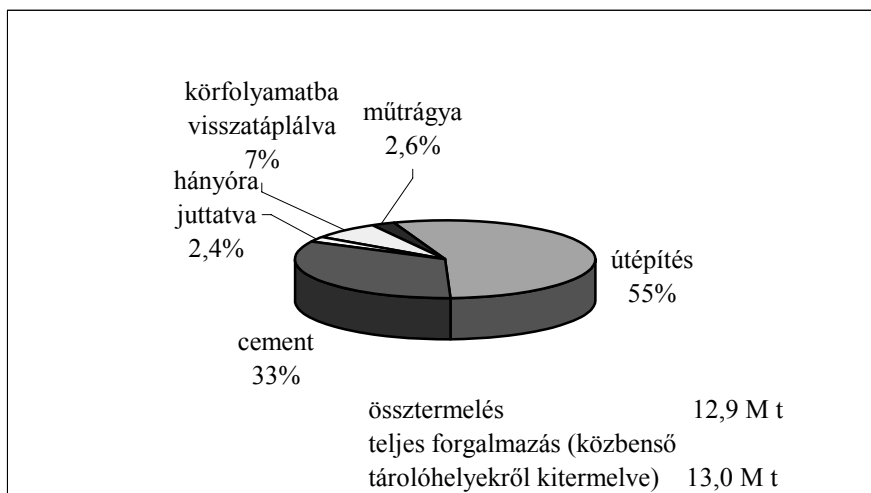
*A konverteres acélműi salakok* fő alkotói hasonlóak a kohósalakokéhoz; nagyobb CaO és kisebb SiO<sub>2</sub> tartalmuknál fogva azonban esetenként néhány százalék szabad CaO-t (és MgO-t) is tartalmazhatnak. A szabad CaO hidratációra képes, ami térfogati instabilitást (duzzadást) okozhat. A friss salakban 6-12 hónap alatt lejátszódhatnak a térfogatváltozást eredményező folyamatok, a salak stabil állapotba kerül és így hasznosítható. A folyamatot „hőkezeléssel” jelentősen fel lehet gyorsítani. A stabil acélműi salak mechanikai tulajdonságai igen kedvezőek: tömör szerkezete, nagy szilárdsága miatt a koptató igénybevételnek jól ellenáll; üzemi felhasználása Nyugat Európában elterjedt gyakorlat.

*Az elektroacél-műi salakok* ásványtani összetétele az előző kettő közé esik; hasznosítását az korlátozhatja, ha vízben oldható nehézfém szennyezőket tartalmaz. Útépítésben való felhasználása ugyancsak elterjedt. Hazánkban a Dunaferr Acélművek Kft. alkalmazza az ún. integrált technológiát, és „termel” ily módon kohósalakot és konverteres acélgyártási salakot.

Az alábbi ábra a németországi hasznosítási területeket mutatja be.

A felhasználási lehetőség a talajmunkáktól a kötőanyaggal vagy anélkül készült alapozó rétegen át az aszfaltburkolatig terjed.

A salakok nagy része nem használható hulladék, hanem nagyon értékes, jó tulajdonságokkal rendelkező ipari kőzet, ezeket a természet számára vissza kell szolgáltatni. A fenti állítás igazolásaként egy rövid összehasonlítás a „természetes” és az „ipari” kőzetek tulajdonságairól (15. táblázat):



9. ábra: Vaskohászati salakok hasznosítása, 1998.

15. táblázat: Primer kőzetek és az acélsalak tulajdonságai

Jellemző tulajdonság	Bazalt	Gránit	Acélsalak
Nyerssűrűség g/cm <sup>3</sup>	2,8-3,1	2,6-2,8	3,2-3,8
Ütve zúzó érték tömeg %	9-20	12-27	10-22
Vízfelvétel tömeg %	max. 0,5	0,3-1,2	0,3-1,0
Ellenállás fagyás/ olvadással szemben; lemorzsolódás tömeg %	max. 1,0	0,8-2,0	max. 1,0

Jól látható, hogy a mérvadó tulajdonságokat illetően az acélsalak a természetes anyagokkal azonos vagy azoknál jobb eredményeket mutat.

#### **Építési hulladékok** (Forrás: Csöke 1999, Csöke-Olessák 2003)

Az építési hulladék fogalomkör az épületek és építmények építése, felújítása, illetve bontása során keletkező szilárd hulladékok átfogó megjelölésére szolgál. A nemzetközi gyakorlat, kifejezetten a műszaki praktikum szempontjai alapján, az építési hulladékok alábbi csoportosítását alkalmazza.

#### Építési hulladék-fajták

##### *Kitermelt föld (talaj, kőzet)*

A földkitermeléssel járó föld- és mélyépítési munkáknál keletkező, hidraulikusan vagy bitumennel kötött alkotókat nem tartalmazó természetes eredetű ásványi anyagokból (homok, agyag, kavics, kő vagy kőzetek) álló maradékanyag, tekintet nélkül arra, hogy helyszíni természetes előfordulásról van-e szó, vagy a természetes előfordulásból származó anyagot egy korábbi építési tevékenység során helyezték oda. A talajkitermelés csaknem minden építési

tevékenységnél előfordul. Mennyiségében messze a legnagyobb arányt képezi az építési hulladékok között.

#### *Útbontási törmelékek*

A közlekedési és a közterületi területek építéséből, bontásából és karbantartásából származó, döntően szilárd ásványi anyagokból álló hulladék, amely az út, illetve közterület kopó/záró, kötő és teherviselő rétegeiből származik, és azok fajtájától függően az alkalmazott anyagokból tevődik össze (autópályák, országutak, dűlőutak stb.). Az útbontási törmelék tartalmazhat hidraulikus kötőanyagú betont, bitumenes kötésű anyagokat és aszfaltot, valamint burkoló- és szegélyköveket.

#### *Építési törmelék*

Az épületek, építmények részleges vagy teljes bontásakor keletkező, ásványi anyagokat tartalmazó (kő, téglá, beton, cserép, gipsz, csempe, homok stb.) szilárd hulladék, amelynek összetételét jelentős mértékben meghatározza az alkalmazott építési mód, az építmény kora és funkciója.

#### *Kevert építési törmelék*

Az épületek, építmények részleges vagy teljes bontásakor, felújításakor keletkező szilárd hulladék, amelynek összetételére jellemző az ásványi és nem ásványi eredetű alkotók kevert megjelenése. Döntően nem ásványi eredetű alkotókból (fa, papír, műanyagok, fémek stb.) áll, hasonlóan az iparból és kereskedeleméből származó szilárd települési hulladékokhoz. Nemritkán veszélyes komponenseket is (pl. festékmaradékok, azbeszt szigetelőanyag hulladékok stb.) tartalmaz.

#### *Építési hulladékok mennyisége*

Az építési hulladékok mennyiségére néhány közelítő becslés kivételével az országban nincs pontos adatsor. Az Országos Hulladékgazdálkodási Terv mértékadó szakmai becslésekre támaszkodva mintegy 10 millió tonna építési hulladék keletkezésével számol, aminek kb. 70 %-a a kitermelt föld (talaj, kőzet kb. 7 millió tonna). Az útbontási törmelék kb. 1,1 millió tonna, az építési törmelék kb. 1,3 millió tonna, a kevert építési törmelék kb. 0,6 millió tonna.

#### *Építési hulladékok hasznosítása*

Az EU tagországaiban 1990-ben kb. 150 millió tonna bontott építőanyag keletkezett, mely mennyiség folyamatos növekedésével számolnak a 2015-ig szóló prognózisok. Az újrahasznosítás hagyományai és törekvései az egyes tagországokban eltérőek. A tagállamok egy részében (Hollandia, Németország, Svájc, Ausztria, Franciaország) az építési, bontási hulladékok másodnyersanyagként történő hasznosításának aránya eléri vagy meghaladja a 45-50 %-ot, míg a többi tagállamban ez jelentősen kisebb mértékű.

Hazánkban a kitermelt föld mintegy 15 % kerül hasznosításra (területfeltöltés, rekultiváció stb.). Az útbontási törmelékeknel ez jelentősen nagyobb, mintegy 60-80 %-os, míg a különböző építési törmelékek esetében gyakorlatilag elenyésző az újrahasznosítás mértéke.

Az építési, bontási hulladékok újrahasznosítását három kritérium határozza meg: műszaki minőség, környezettel való összeegyeztethetőség, valamint a primer ásványi anyagokkal való versenyképesség. Az építési hulladékok hasznosítása történhet közvetlenül, illetve közvetetten, azaz valamilyen előkészítési, feldolgozási műveletet követően.

A *közvetlen* újrahasznosítást főként a kitermelt talajok esetén lehet alkalmazni. Ez attól függ, hogy milyen a kitermelt föld minősége. Ezen túl bizonyos építkezés típusok nagy mennyiségben igényelnek anyagot a feltöltésekhez (pl. gátak, töltések, autópályák stb.). Az ilyen építkezések adott régiókban, adott időtartam alatt jelentősen növelik a kitermelt föld újrahasznosításának lehetőségét.

A *közvetett, vagyis feldolgozást (előkészítést) követő* újrahasznosítás terjedt el Európában.

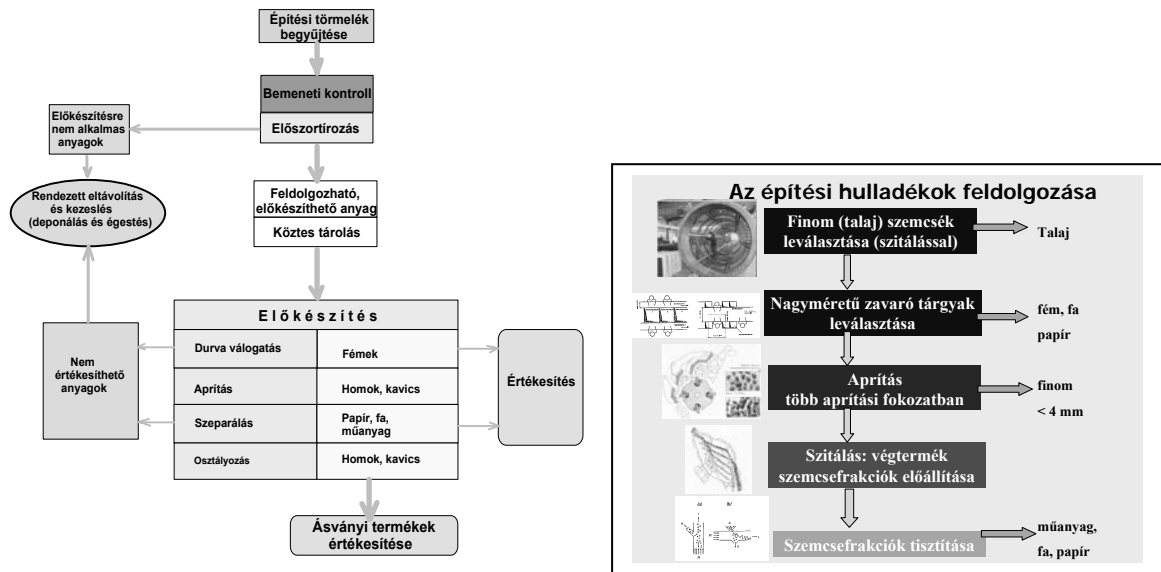
A bitumenes kötőanyagokat tartalmazó útbontási törmelékek feldolgozására számos műszakilag kiforrott eljárás létezik. A már használt aszfaltot újra lehet használni az egyes bitumenes kötőanyagokat tartalmazó rétegekben vagy laza formában a kötőanyag nélküli rétegekbe keverve. A bitumenes kötőanyagokat tartalmazó rétegekbe való visszajuttatás egyik módszere a helyszíni újrahasznosítás, melynek jó néhány műszaki változata ismeretes (RESHAPE, REPAVE, REMIX, stb.). Ezek mindegyike magában foglalja a használt aszfalt aprítását, majd az ezt követő melegítési és adalékolási, keverési műveleteket, amelyek eltérései szerint különböztetik meg az egyes eljárásváltozatokat. Leggyakrabban a keverőtelepeken történő újrahasznosítás használatos, melynek során a használt aszfaltot az építés helyszínéről felaprított (felmart) formában szállítják be az aszfaltkeverő telepre és ezt meghatározott arányban keverik hozzá az új anyaghoz. Az aszfalthulladékot minőségi követelmények miatt csak meghatározott arányban lehet adagolni a melegen kevert új aszfaltanyaghoz. Ez függ az aszfaltgyártó gép műszaki megoldásától is. Az adagokban keverő, kényszerkeverővel működő gépeknél legfeljebb 20 % lehet a beadagolt aszfalthulladék aránya, míg a forgódobos keverő berendezésekben elvileg ez elérheti a 100 %-ot is. Az aszfalthulladék megfelelő aprítást követően az útépítésnél hideg úton is felhasználható. Egyrészt a megtört aszfaltot hozzá lehet adni az útalapként, vagy fagyvédő réteggént használt anyagokhoz. Másrészt ezt a hulladékot alárendelt utak burkolataként, vagy útalapként is lehet közvetlenül felhasználni. Értékesebb felhasználáshoz az anyagoknak ki kell elégíteniük meghatározott, az építési anyagokkal szemben általánosan alkalmazott minőségi szabványos követelményeket (szemcseméret, szemcsealak, Deval kopási és Los Angeles ütési szilárdság, fagyállóság stb.) és környezetvédelmi előírásokat.

Az előkészítési folyamat

A feldolgozandó építési hulladék, valamint a végtermékkel szembeni minőségi követelmények határozzák meg a technológiai kialakítását. Az építőipari hulladékokat be kell gyűjteni és megfelelő kontroll mellett - a veszélyes és a fel nem dolgozható anyagok leválasztására - előszortírozásnak kell alávetni, majd pedig az előkészítés során le kell törni, a különböző szennyező-anyagoktól fizikai tulajdonság szerint a dúsító-berendezésekkel (és kézi válogatással) meg kell tisztítani, továbbá szitaberendezésekkel méret szerint frakciókra kell bontani. A technológiák kialakításánál tekintettel kell lenni a következőkre. A kisebb szemcseméretű, tisztább és kedvezőbb tulajdonságú (jobb szilárdság, fagyállóság stb.) termék előállításához több eljárás lépcső, különösen több aprítási lépcső szükséges. Egy aprítási fokozattal rendszerint csak korlátozott minőségű végtermékhez jutunk.

Az újrahasznosítást szolgáló előkészítés folyamatát - a hulladékok begyűjtésétől kezdve a végtermékek értékesítéséig - a 10. ábra tünteti fel.

A feldolgozandó építési hulladék, valamint a végtermékkel szembeni minőségi követelmények határozzák meg a technológiai kialakítását. Az előkészítés rendszerint előszortírozással kezdődik a feldolgozásra alkalmatlan anyagok (nagy méretű fa-, fémtárgyak, veszélyes anyagok stb.) leválasztására, amelyet a megfelelő szemcseméretre történő aprítás, a szennyezők leválasztása és a kereskedelmi szemcseméret-frakciók előállítása követ. Az előkészítési technológia lehet száraz vagy nedves, a törési fokozatok száma alapján pedig egy-, két- vagy többlépcsős. A szennyezők leválasztása (a szétválasztás) száraz dúsító eljárásokkal történhet kézi válogatással, légárammal száraz áramkészülékben, a vas leválasztása pedig mágneses szeparátor alkalmazásával. Nedves technológiánál a száraz áramkészüléket nedves szalagszér, vagy nedves áramkészülék és/vagy az ülepítőgép, ritkábban nehézsuszpenziós vagy mosó-osztályozó spirális készülék váltja fel. Az építési hulladékok aprításában három törőberendezés játszik kitért szerepet: a pofástörő, az ütő-hengerestörő és a röpítőtörő. Ezek kapcsolatát a 16. táblázat mutatja be. Az építőipari hulladékok feldolgozásánál a kúpos-törők használata beton-aprításra korlátozódik.



10. ábra: Útépítési hulladékok újrahasznosításra való előkészítése

Az építési hulladékokat feldolgozó gépi rendszerek lehetnek: stationer; semi-mobil; mobil telepítésűek. A célszerű megoldást elsősorban a feladás szemcsemérete és a szükséges kapacitás határozza meg.



11. ábra: Fix és mobil válogató kabin



12. ábra: Fix üzem csarnokban kabin

16. táblázat: A törőberendezések egymáshoz való kapcsolata

Kombináció típusa	A törőberendezés eljárás technika feladata	
	Előtörő	Utőtörő (végtermék előállítás)
A	Pofástörő	Röpítőtörő
B	Ütő-hengeres törő	Röpítőtörő
C	Röpítőtörő	Röpítőtörő

### Fém tartalmú hulladékok előkészítés

Az elhasznált eszközök (elektronikai készülékek, elektrotechnikai berendezések, háztartási eszközök, autók, akkumulátorok, elemek stb.) újrahasznosításának feltétele, hogy a felépítő anyagai (fémek fajtánként, műanyagok fajtánként, papír, textil, üveg stb.) fajtatisztán egymástól elkülönítve álljanak rendelkezésre a feldolgozásra, ill. felhasználásra. Az egyes komponensek - azaz az eszközöket felépítő anyagok, szerkezeti anyagok- szétválasztása három módon lehetséges:

1. szelektív bontás, anyagfajtákra való szétszerelés,
2. aprítás után történő szelektív gépi szétválasztás,
3. kombinált eljárás, bontás és gépi szétválasztás egyidejű vagy egymást követő alkalmazása.

A rendszerint *bontó asztalon, vagy szalagon manuálisan megvalósított szelektív bontás* során az eszközt a további feldolgozás (azonos technológiai folyamatban való tovább feldolgozás lehetősége) szempontjait is figyelembe vevő részegységekre, építőelemekre szerelik szét. A szétszerelés csak előre megtervezett logisztikai rendszer alapján felépített és gyártott berendezések esetén lehetséges. Az építőelemek, részegységek teljes anyagfajta szerinti szétszerelése csak elenyésző esetben valósítható meg (rendszerint fizikailag nem lehetséges a vagy gazdaságossági okok miatt nem alkalmazható). A bontás többlépcsős folyamat, amely

- 1.) - a nagyobb részegységek kiserelésével (elektronikai hulladékoknál pl. képernyő, műanyagház, és más nagyobb műanyag építőelemek, autókban motor, sebességváltó, szélvédő, stb.) és a veszélyes anyagokat tartalmazó részegységek, veszélyes anyagok kinyerésével (kondenzátorok, telepek, folyadékok leszivattyúzása, ld. hűtőszekrényeknél és az autókban az üzemanyagok és hűtőfolyadékok) kezdődik;
- 2.) - relatíve nagyobb elektronikai alkotórészek (fémházak, kábelek, vezetőlapok, dugasz, stb.) kiserelésével folytatódik;
- 3.) - a harmadik lépcsőben a fémházak szétbontása követheti a fémek és ötvözetek különválasztására (elektronikai hull.).

A *mechanikai szétválasztási (azaz a komponensek fizikai, fizikai kémiai tulajdonságbeli különbségén alapuló) eljárásokat* alkalmazó megoldásnál az egymástól való gépi elválasztást megelőzően biztosítani kell az egyes anyagfajták, a komponensek egymástól való fizikai elkülönülését, azaz tehát a mechanikai szétválasztást a komponensek aprítással történő fizikai feltárásának kell megelőznie. A fémes hulladékok esetében az aprítás kívánatos szemcseméretét a 6. táblázat mutatja be.

A *nemzetközi tapasztalatok szerint* a rendkívül heterogén anyagi összetételű elektronikai hulladékok feldolgozására az eddigi gyakorlatban a kombinált feldolgozási módszer bizonyult a legelterjedtebbnek, amikor készüléket részegységekre bontják szét, és ezt követően a kiserelt részegységeket, ill. építőelemeket mechanikai eljárások alkalmazásával - megfelelő aprítást követően – fizikai (elektromos, mágneses, gravitáció száraz) eljárásokkal választják szét. Szemben a nagyobb méretű háztartási gépekkel, amelyek feldolgozásában a bontás kitüntetett

szerepet játszik, a méret csökkenésével ez a lehetőség háttérbe szorul. A járható út az elhasznált eszközök komponenseinek fizikai feltárása (aprítással), és az egymástól szabaddá vált komponensek fizikai tulajdonságbeli eltérésük alapján egymástól való elválasztása.

18. táblázat: Az aprítás szükséges mértéke a fizikai feltárás érdekében

Hulladékfajta Főrés	Aprítás minimális szemcsemérete ,[mm]
Személyautó	65
Akkumulátor	30
Telefon	5
Komputer	2
Chipek	1
Fémvezetővel rétegelt műanyaglapok	0,5

Legáltalánosabb esetben több egymást követő lépcsőben történik az előkészítés (9.ábra), amikor is az egyes folyamatlépcsők szemcseméretnek a szétválasztási eljárás élességének érdekében történő beszabályozását, valamint a komponensek egymástól való szabaddá tételét szolgáló aprításból és osztályozásból, továbbá valamely fizikai tulajdonság szerint szétválasztó dúsító eljárásokból állnak.

A technológiai folyamat során egyre csökken a szemcseméret. A folyamat elején a kevésbé költséges (de kevésbé éles), rendszerint száraz eljárásokkal a nagy tömegű (pl. vas) és/vagy a legkönnyebben kinyerhető anyagok (pl. vas, papír és műanyagfólia) leválasztása történik. A folyamat végén a legértékesebb, általában kisebb tömegarányú anyagok (nem-vas fémek, üveg, műanyag) kinyerése valósul meg precízebb, költségesebb eljárásokkal.

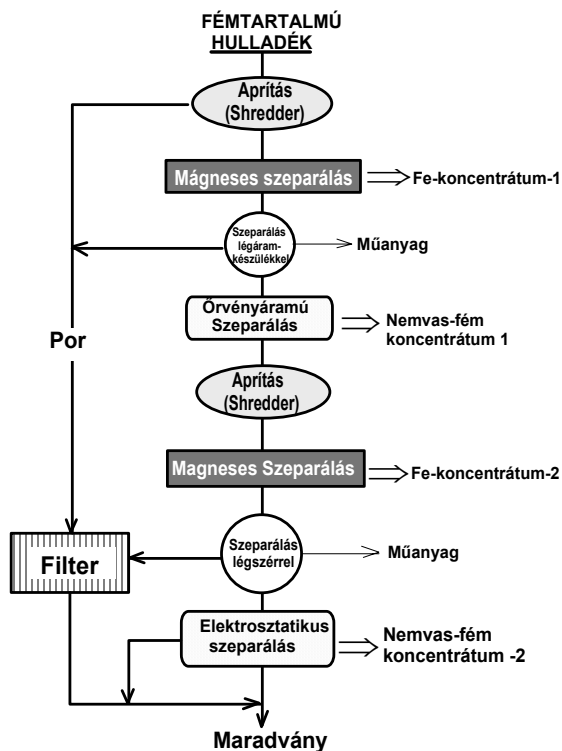
Ezt szemlélteti a 13. ábra, ahol a kétlépcsős technológiai folyamatban (mind a két lépcsőben) az aprítást mágneses, gravitációs (sűrűség szerinti) és elektromos szétválasztási eljárás követ. Mindig a tiszta (feltárt) vas, nemvas-fém és nemfémes szemcsék leválasztására törekszünk. Ez egyes lépcsőkben az alkalmazott eljárás igazodik a szemcseméretre: az első lépcsőben a durvább szemcséknek megfelelően sűrűség szerint áramkészülékkel, elektromos tulajdonság alapján örvényáramú szeparálást találunk, majd pedig a finomabb szemcseméretnél légszert és/vagy elektrosztatikus szeparátort.

*Goslari (Electrorecycling GmbH., Németország) előkészítési technológia*

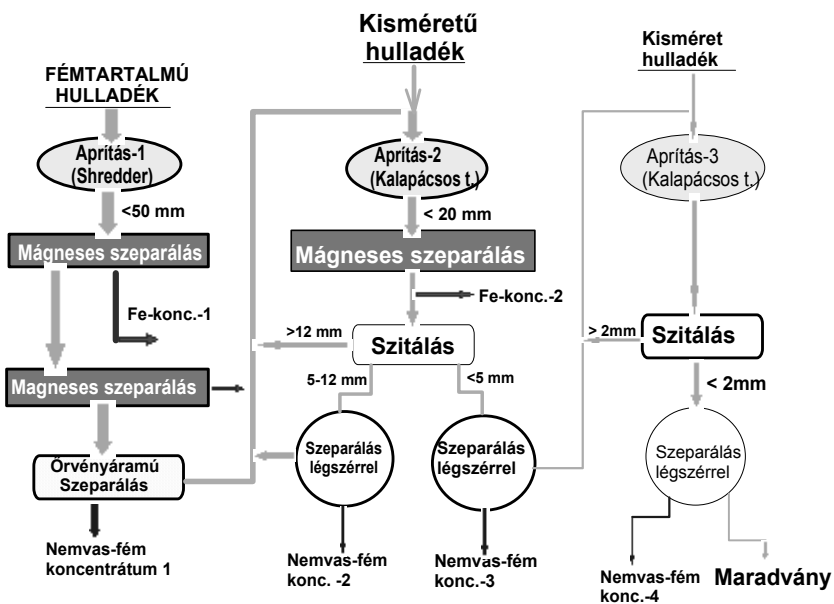
Előkészítés: feldolgozás mechanikai eljárásokkal (shredderezés).

A megmaradt darabokat, melyek nem tartalmaznak többé egészségre ártalmas, ill. manuálisan tovább nem bontható alkatrészeket, gép úton aprítják több lépcsőben keresztül őrlik, így a legkisebb méretű fém, illetve műanyagok is elkülöníthetővé válnak. A fémek és a maradék anyag, - mely többnyire műanyag – elválasztását mágneses- és örvényáramú szeparátorral, valamint légszerekkel végzik.

A technológiai folyamatot a 14. ábra szemlélteti. Az első aprítási lépcsőben kalapácsos shredder (ütő-nyíró) törő üzemel és < 50 mm-re aprítja le az a viszonylag nagyméretű feladott anyagot. A következő két lépcsőben kétrotoros kalapácsos malmok üzemelnek 20 mm és 2 mm alá aprítva az anyagot. Az első törési lépcsőt követően két lépcsős mágneses szeparálás és örvényáramú szeparálás történik a fizikailag feltárt a vas és a nemvas-fémek kinyerésére. A második és harmadik aprítás után s nemvas-fémek kinyerése légszerekkel történik. A második törés után (a légszérrel való szeparálás előtt) az élesebb elválasztás érdekében szitával < 5mm és 5-12 mm frakciókra bontják az őrleményt.



13. ábra: Fémtartalmú hulladékok tipikus előkészítési technológiája



14. ábra: Goslari (Electrorecycling GmbH., Németország) előkészítési technológia,  
Forrás: Koch - Kasper 1996

## Összefoglalás

A másodlagos nyersanyagok és másodtüzelőanyagok felhasználása a nemzetgazdasági szempontokat is figyelembe véve gazdaságilag is előnyös az ország számára, ezért *nemzeti érdek*.

A másodlagos nyersanyagok és másodtüzelőanyagok hasznosításra való előkészítésének és felhasználásának –mint az előbbieken bemutattuk- *elvi, környezetvédelmi, műszaki, technológiai akadályai nincsenek*.

Az észak-magyarországi régióban a hasznosítás vonatkozásában legkedvezőtlenebb a nagytömegű ipari és a szilárd települési hulladékok esetében, ahol a hulladékkezelésben a lerakás képviseli a döntő hányadot. Lemaradásunk van az elektronikai hulladékok feldolgozásában is.

A nagytömegű ipari hulladékok legelőnyösebben az építési, útépitési célra hasznosíthatók. Különösen fontos volna az útépitési hasznosítás ösztönzése, hiszen jelenleg az önkormányzati utak csak 40 %-a szilárd burkolatú. A pernyék (főként mint kötőanyag), bányameddők és kohászati salakok, valamint az építési hulladékok felhasználásával –a helyi lehetőségekhez rugalmasan alkalmazkodva- a hiányzó szilárd önkormányzati utak költségkímélő módon építhetők meg. E területen célszerű, hogy a pályázati rendszer kiemelten támogassa másodlagos nyersanyagok felhasználásával történő útépitéseket. Gyorsforgalmi utaknál pedig indokolt előírni, hogy minden útépitésnél legyen kötelező megvizsgálni a másodlagos nyersanyagok felhasználásnak lehetőségét.

A szilárd települési hulladékok esetében maradékhulladék kezelésnek, másodtüzelőanyagok maradék hulladékból erőműi és cementgyári célra történő előállításának, lomok gyűjtése és hasznosítása az elkövetkező idők legfontosabb feladata, hogy a lerakott hulladékok mennyiségét érdemben csökkenteni lehessen. Erre a mechanikai biológiai stabilizálási technológiák kínálnak kedvező megoldást, amelyet célszerű összekapcsolni a biológiailag lebontható rész komplex energetikai célú (biogáz, energianövények termesztése) hasznosításával. Itt elsősorban a száraz eljárások, különösen a kombinált 3A (=Aerob-Anaerob-Aerob) technológia ajánlható.

Az elektronikai hulladékok gyűjtésének és feldolgozásának a korszerű, mechanikai eljárásokra alapozott megoldása is az elkövetkező évek aktuális feladata.

**Irodalom**

- Brauer, H (Hrsg) (1995): Handbuch des Umweltschutzes und der Umweltschutztechnik. Band 2, Springer, Berlin.
- Csőke, B. - Mucsi, G.- Opczky, L. -Gábel, V.: Modification of fly ash properties by grinding. 11<sup>th</sup> European Symposium on Comminution. Budapest, 9-12 Oktober. Proceedings (CD).
- Csőke B.- Alexa L.-Olessák D.-Ferencz K.-Bokányi Lj.(2006): Mechanikai-biológiai hulladékkezelés kézikönyve. Profikomp könyvek. Global Kiadó Kft., Gödöllő.
- Csőke B. (1999): Építési hulladékok előkészítése és hasznosítása. Környezetvédelmi Füzetek . OMIKKK. 19.
- Csőke B. – Olessák D. (2002): A hulladékgazdálkodás általános kérdései, alapelvei. Szakmai ismeretterjesztő füzetek a települési hulladékgazdálkodással foglalkozók számára (1. sz. füzet). Környezetvédelmi Minisztérium. (Megjelenés alatt).
- Csőke B. - Olessák D. (2003): Építési-bontási hulladékok kezelése, Környezetvédelmi Minisztérium, Szakmai füzet sorozata 6, Budapest.
- Csőke B. (2004): A hulladék, mint nyersanyag. BKL. Bányászat, 2004. 6.sz.(november-december), 415-430. o.
- Csőke B. (2005): Másodlagos tüzelőanyagok előállítása szilárd települési hulladékból. Biohulladék.2005. I.évf., 1.szám., 18-20
- Csőke B.,- Faitli J.- Györfi A.- Alexa L. - Ferencz K. (2006): Production of Secondary Raw Materials and Fuels through the Preparation of Municipal Wastes. IMPC 2006, (Sept. 3-6. 2006. Istanbul)
- Erőműi pernye, kohósalak és bányemeddő hasznosításának nemzetgazdasági szintű vizsgálata. Készült az IHU Kht. (Budapest) megbízásából. Miskolc, 2004.
- Hilger, M. (2001): Cementgyártás, hulladékhasznosítás. Építőanyag. 53./4. 131-136. o. IFE-katalógus
- Koch, P. - Kasper, R. (1996): Zerlege- und Aufbereitungstechnik für Elektroaltgeräte und Elektronikschrott. Aufberietungs-Technik 1996. Nr.5. 211-219. o.
- Másodlagos nyersanyagok az útépítésben. (szerk.: Gáspár L.)(2005): Alföldi Nyomda, Debrecen.
- Pahl, M.H.: Erfassen. Lagern und Entsorgen von festen Abfallstoffen im Betrieb. Universität - GH – Paderborn.
- Pernyebázisú kötőanyag előállítását szolgáló technológiai rendszer kifejlesztése, GVOP-3.1.1.-2004-05-0113/3.0. Projektfelelős: Miskolci Egyetem Eljárástechnikai Tanszék.
- Schubert, G. (1997): Vorlesung für ungarische Fachleuten „Aufbereitung der kommunalen Abfälle”. TU Bergakademie Freiberg. 15-19.
- Települési Szilárd Hulladékok Hasznosítása Nemzetközi Előírásoknak Megfelelő Alternatív Tüzelőanyag Előállításával” tárgyú GVOP-3.1.1.-2004-05-0460/3.0 projekt. Projektfelelős: Miskolci Egyetem Eljárástechnikai Tanszék.

**Gyulai Iván**

### **Fejlesztéspolitika, biomassza, fenntarthatóság**

Manapság minden fejlesztéspolitika a fenntartható fejlődés megvalósítását tűzi zászlajára. Ugyan a fenntartható fejlődés integrált fogalom, s ebben a minőségében a környezet és fejlődés kérdéseinek együtt kezelését igényli, a fejlesztéspolitika messze elmarad ettől az igénytől.

Nincs időnk végiggondolni a fejlődés értelmét, még csak egy használható fejlődés fogalmunk sincs, nincs időnk meggondolni fejlesztéseink társadalomra és környezetre való közép, pláne hosszú távú hatását. A fejlesztési stratégiák, programok és tervek olyan feltevésekre épülnek, amelyek fejlődésben játszott pozitív szerepét semmi sem igazolja, sőt ellenkezőleg, negatív hatásai mutathatók ki. Még sincs időnk végiggondolni cselekvéseink értelmét, minél többet kell elkölteni abból a nyolcezer milliárdból, amit az EU adófizetői, köztünk mi magunk is, áldozunk a jövő érdekében.

Az uralkodó fejlesztési paradigma a gazdasági növekedésnek ad elsőbbséget, s a gazdaságtól várja azokat a forrásokat, amelyekkel a társadalom és környezet bajai orvosolhatók. Ebben a felfogásban a gazdasági növekedés válik céllá, az ember és a környezet, pedig a növekedést szolgáló erőforrássá silányul. A globális léptékű tőkeallokáció és verseny minden metszetében polarizálja bolygónk társadalmait, s környezeti erőforrásaink mértéken túli használatához, életfeltételeink tönkretételéhez vezet.

Mivel a gazdaság nem működik környezeti és társadalmi alapok nélkül, ezért a társadalom, gazdaság, környezet között egy objektív viszony áll fenn, amelyet nem lehet hosszú távon felülírni. Nekünk, emberek számára a társadalmi fejlődés a cél, ennek eléréséhez a gazdaság eszköz, a környezet, pedig feltétel. Ennek a felismerése képezi az alapját a fenntarthatóságnak. Mégis, annak ellenére, hogy egyre jobban érezzük környezeti erőforrásaink szűkösségét, környezeti rendszerünk számunkra kedvezőtlen visszacsatolásait, továbbra is azt próbáljuk kitalálni, hogyan lehetne még többet elvenni környezetünkől.

A fejlesztéspolitika manapság élen jár ebben. Miközben hangsúlyozza a környezeti fenntarthatósági szempontok érvényesítésének szükségességét a fejlesztési projekteknél, a gazdasági növekedés olyan igényével áll elő, amely összeegyeztethetetlen környezeti rendszerünk eltartó-képességével. Érdekes módon még egyetlen olyan fejlesztési koncepciót sem alkottak, amely környezetünk eltartó-képességéből indult volna ki, vagy egyáltalán feltárta, figyelembe vette volna a helyben rendelkezésre álló természeti erőforrásokat.

A fejlesztési elképzelések átgondolatlanságának legújabb bizonyítéka a biomassza hasznosításának célkitűzése, amelyet Európa szerte, egyszerre javasolnak orvosságként a vidéki megélhetésre és környezeti gondjainkra.

#### **A biomassza, mint fejlesztéspolitikai állatorvosi ló**

##### ***Általános érvek a biomassza felhasználás mellett***

Az Unióban, s Magyarországon is túltermelés van az élelmiszer célú mezőgazdasági termelésben, részben a piaci lehetőségek szűkülése, részben a fokozódó nemzetközi verseny miatt a megtermelt árú nehezen eladható. Ha a túltermelést visszafogjuk, akkor a termelők megélhetését szűkítjük. A helyzet úgy megoldható, ha a termelést fenntartjuk, de a fölösleget betápláljuk az energiaellátásba. Így több legyen ütünk egyszerre, mert ez jól jön a környezetnek is, és az EU is képes teljesíteni kiotói vállalásait, mondván a biomassza felhasználása széndioxid semleges, mert ugyanannyi széndioxidot bocsátunk ki, mint amennyit a növény megkötött élelciklusa idején.

A másik általánosan hangoztatott érv az energiafüggőség. Mint az USA, mind az Unió országai, újabban Kína is ebben a helyzetben vannak, főleg kőolaj-függők, az USA kivételével földgáz függők is. Függőségük oldását remélik attól, ha importjuk egy részét hazai termelésű megújuló energiaforrással tudják kiváltani. A függőséggel összekapcsolható olajárrobbanással és olajháborúval magyarázható az is, hogy a politikusok körében nő a népszerűsége a biomassa hasznosításnak.

Magyarországon is az egyik fő érv a hasznosítás mellett, hogy csökkenthető az ország kőolaj függősége, növelhető az ellátás biztonsága, és az árstabilitás.

Magyarország importfüggősége – ha eltekintünk az atomerőmű fűtőanyag behozatalától – 1993-ban 52% volt. A 2005-ös adatok szerint az ország importfüggősége megközelítette a 66,4%-ot. Legjelentősebb, 82%-os a földgáz-importarány. Az orosz forrástól való függés a földgáz esetében a legnagyobb, hiszen a teljes energiaigény több mint 40%-át kitevő földgáz 90%-a jön innen. A földgáz korábban elsősorban lakossági hőigényt elégített ki, 2004-re azonban már a villamos-energia 35%-át földgázból állította elő az ország.

1. táblázat: A primer energiaimport- függőség alakulása 1990-2005

	1990	1998	2005
Szén	16,4	28,6	39,6
Olaj	75,9	80,9	86,1
Földgáz	58,0	72,7	81,8
Villamos energia (primer)	21,1	1,7	12,9
Egyéb (kocsz, brikett,tüzifa és egyéb megújuló)	43,4	-16,0	8,5

*Forrás:* Energia Kp. Kht.

A hazai környezetpolitikai célkitűzések teljesítése is megköveteli, hogy növekedjen a megújuló energiaforrások részaránya, ez pedig hozzájáruljon nemzetközi kötelezettségvállalásaink teljesítéséhez, mint amilyen a kiotói vállalás, vagy az Unió megújuló energiaforrás részarány előírásai.

Fontos társadalmi érv a vidéki lakosság munkahelyeinek megőrzése, esetleg bővítése az energiaszektorban, bízván, hogy új munkahelyeket teremtsen az erőművek, mind technológiák előállításának vonatkozásában. Mivel Magyarországon az állat és növénytermesztés részaránya jelentősen megváltozott, amelynek következménye, hogy a növénytermesztésből származó termékeket az állattenyésztés nem képes felvenni, s mivel ezek a termékek nehezen eladhatók, így az energetikai célú növénytermesztés hozzájárul a termőterületen a struktúraváltáshoz, s ezzel mérsékelheti a terményfelesleget. E mellett az energetikai alapanyagok hosszú távon exportcikként is számításba vehetők.

Érvként hangoztatják, hogy kis beruházás igényel átállítható az élelmiszer-alapanyag termelésre szakosodott mezőgazdaság, hiszen az energetikai célú növénytermesztés terméstechnológiája kialakult, az energetikai célú feldolgozás technológiai ismertek, a mezőgazdaságban használt gépek alkalmazhatók.

### **Ellenérvek, kételyek**

Mielőtt az ellenérveket felsorakoztatjuk fontos rávilágítani, hogy ismereteink kezdetlegesek, a közölt adatok ellentmondók, sokszor inkább a vágyakat tükrözik, mint a valóságot.

Az ország területén, éves szinten termelődő biomassa mennyisége az FVM számítása szerint 105-110 millió tonna, melynek energiatartalma közel 1200 PJ/év.

Ha az egész ország területével számolunk, akkor 9.3 millió hektár esetében az FVM számítása hektáronként 11-12 tonna élőnedves biomassa produkcióval számolt évente, s ekkor

a betonozott területeket is beszámította. Energetikai célú faültetvények esetében, a legnagyobb produkciót adó fűzek esetében említi a szakirodalom 20-40 t/ha produkciót. Ezzel szemben egy természetes erdőből a tartamos gazdálkodás szabályait figyelembe véve évente 4-4.5 bruttó köbméter fa vehető ki.

Dr. Grasseli Gábor – Szendrei János (Debreceni Egyetem ATC MTK) „A tüzelési célú energetikai növények termesztésének jelentősége” című cikkében (Őstermelő, 2006 június – július, 70. oldal) erdők fajlagos energiahozamát 15-20 GJ/ha/év értékben adja meg. Energiaerdők esetében 100-120, energetikai faültetvények esetében 150-250 GJ/ha/év az energiahozam. Magyarország jelenlegi (2005) teljes energiafelhasználása 1 153 PJ/év. 9.3 millió hektár természetes erdőből 186 PJ energiafelhasználási lehetőség adódik, tehát hazánk teljes energiaigényének hatodrésze lenne kb. kielégíthető. Energetikai célú faültetvényeket az ország majdnem felén kellene ültetni ahhoz, hogy kielégíthessük a jelenlegi energia igényeket. Hasonló számokra jutnánk az energiafű esetében is. Am azon is el kellene gondolkodni, hogy vajon egy természetes erdő, miért csak az ötödét, tizedét produkálja egy ültetvénynek?

Prof. Dr. Marosvölgyi Béla, a Nyugat-Magyarországi Egyetem professzora az általa vezetett, energiaerdőket és energiaültetvényeket vizsgáló kutatás tapasztalatairól szóló beszámolóban 200-350 GJ/ha/év értéket ad meg energetikai faültetvények esetén. „Fás szárú energianövények” című cikkében (Új utak a mezőgazdaságban, Energia Klub, 2005.) újratelepítéses energetikai ültetvényekre 8-15t/ha/év élősúly produkciót, 80-150 GJ/ha/év értéket közöl, míg a sarjzatatos üzemmóddal természetek esetében nem közöl energiahozamot, de hivatkozik 20-40 tonna produkcióra fűzfélék esetében.

Gergely Kinga, Varró László: Megújuló energiaforrások Magyarországon (ÖKO 2004. XII. évf. 1-2. szám 78-79 oldal). „A magyar erdőállomány szerkezetét figyelembe véve az erdők éves hozama átlagosan 5 millió köbméter/év... az ennek megfelelő energiahordozó produktum mintegy 45-50 GJ/ha, a hazai erdőállomány egészére vonatkoztatva körülbelül 71-79 PJ”. Magyarország területének 19.1%-ka erdő, azaz 1773.3 ezer hektár. Még a 45-50 GJ/ha/év energiatermeléssel számolva is jól látható azonban, hogy ha az ország teljes terjedelemben ilyen energiatermelésű erdő lenne, akkor is összesen 500 PJ-nál kevesebb energia lehetne megtermelhető. Ez, pedig a jelenlegi fogyasztásnak kevesebb, mint a fele.

### **Területi igények**

Nem kétséges, hogy a biomassza felhasználás törekvések leglátványosabb pontja a terület adta lehetőségek szűkösége. A területi kérdésekhez jó néhány más probléma is kapcsolódik, mint amilyen az élelmiszerellátás biztonsága, a föld maradék természetes ökoszisztémáinak sorsa.

Ugyan jó néhány éve már, hogy felhívták a területi korlátokra a figyelmet, ám sem a környezetvédők, sem az új üzleti lehetőségekért éhezők nem akarták, sőt a mai napig nem akarják tudomásul venni a makacs tényeket. A kérdés akkor került jobban az érdeklődés középpontjában, amikor 2005 februárjában, George Monbiot, a Guardian újságírója az Európai Szociális Fórumon kirohant a biodízel ellen, majd a Guardianben is cikket jelentetett meg a témában, „Ki lakjon jól: az autó vagy az ember?” címmel.

Véleménye szerint a bioüzemanyagokra való átállás humanitárius és környezeti katasztrófához vezetne. Az EU elképzeléseit, amely szerint 2010-re az üzemanyagok 5.75%-ka helyettesíthető lenne biológiai eredetű üzemanyagokkal, az Egyesült Királyság példájával kérdőjelezi meg.

„Az Egyesült Királyságban a közúti közlekedés évente 37,6 millió tonna kőolajterméket emészt fel. A legtermékenyebb növényiolaj-forrás, mely ebben az országban természetből, a repce. Az évi átlagos terméshozam hektáronként 3-3,5 tonna. Egy tonna repcemagból 415 kiló

biodízelt lehet előállítani, így egy hektár termőföldön átlagosan 1,45 tonna üzemanyagot lehetne termelni. Másként megfogalmazva: ahhoz, hogy a kocsikat, buszokat és teherautókat biodízellel üzemeltessük, 25,9 millió hektáryi termőföldre lenne szükség. Az Egyesült Királyságban azonban mindössze 5,7 millió hektár művelhető földterület található. A környezetbarát üzemanyagokra való átálláshoz négy és félszer ennyi termőfölddel kéne rendelkezünk. Még az EU szerényebb - mindössze 20%-os – célkitűzése (2020-ra) is felemésztene szinte az összes termőföldünket.”

További példák tucatjai hozhatók. A Föld Barátai által kialakított véleményben is találunk ilyeneket. Pl.”Spanyolországban évente 27 milliárd liter dízelt fogyasztanak évente. A 2010-ig megkívánt 5.75%-kos helyettesítés biodízellel, évi 1,350 millió liter biodízel termelését igényelné. 1200 liter hektáronkénti hozammal számolva egy millió hektár földterületre lenne szükség, amely a termékeny területek 5.5%-ka. Ehhez még hozzá kellene a benzin helyettesítéséhez szükséges etanol termelésére fordítandó területet.”

„Németországba is hasonló a helyzet, a 2010-es célok teljesítéséhez 2 millió hektárra lenne szükség a két millió tonna biodízel előállításához. Erre nincs elegendő földterület. Manapság a megtermelt 1.5 millió tonna biodízelnél szükséges nyersanyag Franciaországból származik.”

„Az USA-ban rosszabb a helyzet. Ahhoz, hogy a benzint kukoricából származó etanollal helyettesítsék a teljes földterület sem lenne elegendő.” Az USA teljes üzemanyag fogyasztása évente 518 milliárd liter, szénkibocsátása 308 milliárd kg.

A Proceeding of the National Academy of Sciences-ben megjelent cikk szerzői a szójababból készült biodízelt, valamint a gabonafélékből erjesztett etanol alapú üzemanyagot vetették össze, és arra a megállapításra jutottak, hogy a biodízel ugyan jelentősen hatékonyabbnak tekinthető, mint az etanol, ám így is mindössze az üzemanyagigény alig 9 százalékát tudnák fedezni vele az Egyesült Államokban. Az étkezési növényekből készült etanol az amerikai üzemanyagigény 12 százalékát lenne képes fedezni abban az esetben, ha minden kukoricaföldet alapanyag-ellátóvá alakítanának át.

### **Területi korlátok Magyarországon**

Lukács József vezető főtanácsos az Őstermelő 2006 június-júliusi számának 67. oldalán azt írja, hogy 2010-re a 2%-kos (?) bioetanol célkitűzés 59 millió liter, biodízel esetében ez 56 millió liter. Ekkora etanol mennyiség előállításra 50-60 ezer hektárt, biodízelnél 40-50 ezer hektárt kalkulált. Szerinte ez gond nélkül növelhető 200-300, illetve 80-100 ezer hektár nagyságrendig.

Ez, a kiindulási adatok alapján azt jelentené, hogy 2010-re 2.95 milliárd liter benzint, s 2.8 milliárd liter dízelt fogyasztanánk. A jelenlegi fogyasztási adatoknak utána nézve (Wilde György Magyar Ásványolaj Szövetség főtitkára, Index 2006. július 12.) 2005-ben 2 MD liter benzint, s 2.8 MD liter gázolajat fogyasztottunk. Mivel nem tudjuk, hogy 2010-ben mennyi lesz a fogyasztásunk, így maradjunk annál, hogy a jelenlegi fogyasztás 5.75%-kát kellene helyettesíteni. A teljes benzin és dízel igény helyettesítése, hektáronként és évenként 1-1200 liter etanollal és 1200-1400 liter biodízellel számolva, Magyarország teljes kukorica (1,34 millió hektár) és búzatermő (1.13 millió hektár 2005-ben) területét figyelembe véve, kb. 2 millió hektáron lehetne kielégíteni a bioetanol igényt, s még kb. ugyanennyi termőterületet kellene igénybe venni a biodízel szükségletek kielégítéséhez. Ez már megközelíti az ország jelenlegi szántóföldi területét (4 509 ezer hektár), s akkor még nem termeltünk élelmiszert.

Reálsan, ha elfogadjuk a főtanácsos által javasolt lehetőségeket, akkor 400 ezer hektárral, s a legjobb hozamokkal számolva cirka 500 millió liter bioüzemanyagot állíthatunk elő, amely 10%-os helyettesítési érték körül mozog. Ezek mellett teljesen irreális az a sokat hangoztatott

elképzelés, hogy a bioüzemanyag alapanyag jelentős exporthoz juttatná hazánkat. Mert vagy itthon helyettesítünk, ami muszáj, vagy exportálunk.

A teljes energiafelhasználásunk helyettesítésének területi korlátait mutatja a repce esete is. Repce hektáronként 3tonna/ha/év (nálunk ilyen átlagtermés nem jellemző) termésnél adna 1.45 tonna repceolajt, amelynek fűtőértéke 40MJ/kg. Ez 58 GJ/ha/év. 9.3 millió hektáron ez 539.4 PJ. A teljes energiafogyasztás 2005-ben 1153.2 PJ, azaz nem egészen a felét lehetne kielégíteni repceből a teljes energiaigénynek. A szakirodalom szerint ennyi tiszta energia megtermeléséhez a repce esetében fele energiamennyiséget kell befektetni.

Ráadásul minden esetben feltételeztük, hogy semmilyen fosszilis energiát nem használtunk fel. Igaz nem tudjuk, hogy mekkora a hazai teljes energiafogyasztásból az a hányad, amit arra használunk, hogy nettó energiához jussunk, de nyilván ebben az esetben is le kellene vonni az energiatermelésre fordított energiát. Érdekes megjegyezni, hogy az importált energiahordozók esetében az energiatermelésre fordított energia nem a hazai fogyasztásban realizálódik, míg hazai megtermelés esetén igen.

Ez vezet át majd ahhoz a kérdéshez, hogy van-e vajon nettó energianyereségünk a különböző biomassza felhasználási forgatókönyvek esetében.

### **Terület-felhasználási vetélkedés**

A terület-felhasználással kapcsolatos probléma abban csúcspod ki, hogy több, egymással vetélkedő felhasználási igény jelenik meg. Tegyük fel, hogy tényleg felszabadítható 1 millió hektár biomassza termesztés céljára. Am ugyanezen területen szeretnének villamos-energia előállítás céljából energiafűvet, energia erdőt termelni, cukorrépat, kukoricát etanolnak, repcét biodizelnek, stb.

Szintén Monbiot hívta fel arra a figyelmet, hogy a vetélkedés túlmutat a biomassza termelési opciókon, a megújuló energiaforrások termelése a valóságban az élelmiszertermeléssel és a természetvédelmi célú területhasználattal vetélkedik, más terület-felhasználási módok mellett. Az energiaérvágy fokozódása, és a szűkülő fosszilis energiakínálat, valamint a félreértelmezett környezetpolitikai célkitűzések már jelen pillanatban, az olcsó fosszilis tüzelőanyagok rendelkezésre állásánál is, rákényszerítették az embereket a biomassza termelésre.

Nem nehéz kitalálni, hogy ennek a területhasználati vetélkedésnek először a természetes ökoszisztémák esnek áldozatul, majd pedig az élelmiszer alapanyag termelés. Ezen a téren is, mint más európai környezetjavítási szándékok esetében történt, a környezeti terhek harmadik világra történő áthárítása várható. Mivel kevés, s jogilag védett természetes ökoszisztéma áll rendelkezésre a Közösség országaiban, ezért az élelmiszer és energiacélú alapanyag-termelésnek osztoznia kell a földterületen. A logikus osztozkodás, hogy a jelenlegi túltermelést helyettesítik energetikai célú termesztéssel. Ezek a készletek azonban messze nem elegendőek a még csak kezdeti környezetpolitikai célok eléréséhez, ezért nyilván a külföldi beszerzés felé kell fordulni. Ez azért is logikusabb, mert a déli országok termőhelyi adottságai miatt ott található a nagyobb kihozatali potenciával rendelkező megújuló energetikai alapanyagok.

A szójabab, cukornád ültetvények a dél-amerikai országokban, a pálmaültetvények Indonéziában, s más délnyugat-ázsiai és afrikai országokban, eddig is a fő okát képezték a trópusi erdők degradációjának. Pl. Malajziában, 1985 és 2000 között, a pálmaültetvények az erdőirtások 87%-ért voltak felelősek.

A veszély ma már nem lehetőség, hanem tény.

„Az EU növényolaj-importja az október-szeptemberi 2005/2006-os szezonban 8,75 millió tonnára emelkedik a 2004/2005-ös szezon 7,8 millió tonnájáról” - írja az Oil World szaklap. "A bioüzemanyagok belföldi termelésének rohamos növekedése miatt az EU vált a világ legnagyobb növényolaj- és zsiradék importőrévé." „A szezon legnagyobb importtétele a

pálmaolaj lesz 4,9 millió tonnával, szemben a 2004/05-ös 4,4 millióval. Az EU az idén október-decemberben nettó szójaolaj-importőrré válik, ami meglehetősen újszerű fejlemény, hiszen már egy jó ideje szójaolaj-exportőrnek számított. A növekvő repcemag-sajtolási forgalom ellenére sem biztosítható belföldi forrásból a repceolaj-igény, ami a repceolaj esetében is nettó importőrré teszi az Uniót. A 2005/2006-os szezonban a repceolaj-import 250 ezer tonnára nő az előző szezon 28 ezer tonnájáról. Ebből 100-130 ezer tonna Észak-Amerikából érkezik majd, de nagy tételeket importál az unió Ukrajnából és Oroszországból is. A lap értesülései szerint már kínai importra is sor került.”

Az európai exportra számító maláj kormány nem rég jelentette be, hogy megépíti ötödik biodízel-finomítóját, miközben az országban, akárcsak Indonéziában az őserdőt nagy iramban szorítják vissza az olajpálma-ültetvények, ráadásul az erdők felégetése és mocsarak lecsapolása metán és szén-dioxid-kibocsátással jár (területi átterhelés). Az Európában felhasznált bioüzemanyag nagy részét Brazíliában gyártanák, ahol viszont az Amazonas esőerdejét irtják ki a termőföldért.

Ha nem marad bevonható termőföld - jelenleg a szárazföldi területek egynegyede mezőgazdasági művelés alatt áll – akkor megkezdődhet a vetélkedés az élelmiszeripari és energetikai célú alapanyag-termelés között, ezáltal azok között, akik csak a létfenntartási szükségleteiket szeretnék kielégíteni, illetve akik nemcsak jóllakni képesek, de autójukat is feltankolni. Nem kétséges, hogy melyik érdekcsoport képes érdekeit érvényesíteni, illetve mindezt megfizetni. A társadalmi polarizáció, tehát még a biomassa termelés okán is nőhet, mégpedig jelentősen. Monbiot írásának címe pontosan erre utal: Ki lakjon jól? Az ember vagy az autó.

A szegényekre leselkedő veszély nemcsak az élelmiszer szűkösségében, hanem az élelmiszerárak jelentős növekedésében is megnyilvánulhat. Az energetikai célú növényi termékek iránti keresletfokozódás, már ebben a kezdeti stádiumban is érezteti árfelhajtó hatását. Az MTI 2006 elején egy londoni nemzetközi konferenciára hivatkozva arról számolt be, hogy világszerte emelkedhet a szója-és pálmaolaj ára amiatt, hogy növekszik a kereslet a bioüzemanyagok nyersanyagaként használatos növényi olajok iránt.

Az árfelhajtó szerepet látszik alátámasztani a cukor árának világpiaci emelkedése. "Tizenegy éves csúcsra ugrott a nyerscukor ára szerdán a New York-i árutőzsdén, a londoni jegyzésárak pedig kilenc és fél éves rekordszintre emelkedtek. Piaci szakértők a drágulási trend folytatására számítanak. Miért is? Thaiföldön és Ausztráliában rossz a cukornádtermés, Brazília pedig az exportra szánt nádcukor egy részéből üzemanyagként felhasználható bioetanolt gyárt. A bioetanolt egyre több országban keverik a benzinbe, ezért a cukornak felmegy az ársziója - az árával együtt. Sőt: van egy igen népes ország, Kína, ahol még csak most kezdenek el cukrot fogyasztani – ez idáig ugyanis csak mesterséges édesítőszerhez (szacharinhoz) jutott hozzá a lakosság." (Világgazdaság)

### **A területi versengés járulékos hatásai**

Környezeti szempontból a növekvő területéhség, s ennek következtében a természetes élőhelyek pusztulása mellett a másik veszély a mező és erdőgazdálkodás intenzitásának további növekedése. Szaklapokban egymást túllicitáló terméseredményekről, energia-kihozatalokról, s egyre jobb energiamérlegekről olvashatunk. Mint ahogyan láthattuk, a természetes erdő szerény energiatermelését tízszeresére növelik az energia célú faültetvények, természetesen haszonnövényeink termelését is tovább kell növelni a jobb termésátlagok, a magasabb gazdaságosság érdekében.

Természetesen egy adott termőhely, egy adott életközösség az éppen fennálló ökológiai körülményeknek megfelelő produkciókkal szolgálhat csak, s külső energia-befektetésre van

szükség ahhoz, hogy a produkció nőjön. Nemcsak a közvetlen energia költségek, mint gépi munka energiafelhasználása, de az egész termesztési folyamat is közvetlen, vagy közvetett energia-befektetéssel jár. Az öntözővíz, a műtrágya, a növényvédő-szer, a szállítás, stb., mind energiát testesít meg, s természetesen minden kibocsátás is környezeti terhelést jelent.

További lehetőség a terméseredmények fokozására a növények genetikai képességének kihasználása, a növény-nemesítés, legújabbban a génkészség mesterséges módosítása géntechnológiai eljárásokkal. Többen is abban bíznak, hogy a jelenlegi produkciók a tulajdonságok javításával növelhetők a biotechnológia által. A Nature Biotechnology 24, 725 (2006 július) „A bioetanolnak szüksége van a biotechnológiára” címmel jelentetett meg cikket. Az írás lelkesen ecseteli, hogy az etanol egyik alapanyagának, a kukoricának a termelése milyen magas költségekkel és környezeti károkkal jár, mint pl. a nitrogén műtrágya, a talajerózió, a rovar és gyomirtó szerek, sőt még a fejlődő országok élőhelyeire leselkedő veszélyt is felemlíti. Ezek a problémák segíthetnek a biotechnológia. „Jelenleg főleg kukoricából és cukornádból gyártott etanol esetében már kidolgozták a rekombináns DNS technológiákat, amelyek egyrészt emelnék az etanolhozamot, másrészt, pedig csökkentenék a betáplált nyersanyagok környezetre gyakorolt káros hatását, továbbá fokoznák a feldolgozás hatékonyságát a finomítóban”. Ígéri a fotoszintézis széndioxid-fixáció hatékonyságának javítását, a nitrogén-fixáció megoldását, vagy az endospermiumban lévő egyszerűbb cukorra való lebontását végző enzimrendszer beépítését a növényekbe.

Társadalmi szempontból is további hatásokat kell fontolóra venni. A szuper-intenzív monokultúrák, hiszen az energetikai célú termesztés nagy táblaméreteket igényel, tovább torzíthatják a birtokviszonyokat. A FOE szerint az intenzitás növekedése további birtokkoncentrációval fenyeget. Pl. ma Braziliában a területek 46%-ka koncentrálódik a vidéki népesség mindössze 1%-kának kezében, ami azt jelentette, hogy a földtulajdonosoknak el kellett hagyni földjeiket, s korábbi foglalkozásukat. Ők a városok szegényebb negyedeibe költözhettek, vagy erdőirtással próbálták újabb területeket szerezni.

A területi igény fokozódásnak természetesen lehet árfelhajtó szerepe a földtulajdonosok számára. A kisbirtokosok aligha tudnak élni a magas intenzitást igénylő energetikai célú növénytermesztés lehetőségeivel, így legfeljebb magasabb áron értékesíthetik földjeiket, vagy magasabb bérleti díjra számíthatnak.

### **Energiamérlegek**

Ezen a területen nagyon kaotikus állapotokat találunk. Tudományos műhelyek egymásnak ellentmondó eredményeit ismerhetjük meg, annak megfelelően, hogy ki milyen általános ítéletet szeretne igazolni.

A megismert mérlegek közös hibája, hogy az ún. virtuális energiafelhasználással, s ennek értelmében a virtuális környezeti terheléssel sem számolnak, ami ugyancsak megkérdőjelezi az energetikai, vagy környezeti mérlegek (pl. széndioxid) eredményeit.

Mit értünk virtuális energiafelhasználáson?

Bármely felhasználásra kész energiahordozó rendelkezik egy teljes életúttal, amely egy bonyolult szerteágazó rendszer. Az életciklus elemzések egy létesítmény esetében a létesítés, megvalósulás (működés), majd felhagyás szakaszainak környezeti összefüggéseit vizsgálják, egy termék esetében a bölcsőtől a sírig életutat követik. Ugyan jelentős előrelépésnek tekinthetjük ezt a gondolkodást, s már az is eredmény lenne, ha komolyan alkalmaznák az életciklus elemzéseket, mégis azt kell mondanunk, hogy a jelenlegi életciklus-vizsgálatok csak több-kevesebb láncszemét vizsgálják a tényleges életciklusoknak. Egy-egy termék esetében ugyanis a különböző életciklus láncok összekapcsolódnak. Ahhoz, hogy egy liter benzint előállítsunk, ahhoz kell kőolaj, azt frakcionálni kell, adalékanyagokkal ellátni, szállítani a

felhasználás helyére, majd elégetni. Energia kell a melléktermékek, hulladékok szállításához, elhelyezéséhez is. Ha csak egy kőolaj-finomítóban vizsgálom a benzin életútját, az ennyinek tűnik. Ám még ott sem csupán ennyi. Minden liter frakcionált olajra esik valamennyi (nagyon kicsi) környezeti teher abból, hogy létre kellett hozni a finomítót, energiát kellett befektetni, anyagokat kellett beszerezni, s természetesen üzemeltetni kell az üzemet. Ráadásul minden újabb megnyitott ág, további nagyon-nagyon kicsiny környezeti terhet hoz magával. Pl. a felhasznált építőanyagoknak is volt környezeti terhe, erőforrás igénye, gyára, stb. Azután a kőolaj-finomító üzemeléséhez is energiára van szükség, no meg munkásokra. Hol kellene elszámolni pl. a munkások közlekedési költségeit, vagy a gépekre, szerszámokra eső költségeket, vagy az üzem által produkált környezeti terhek felszámolásának energiaköltségeit?

S a fenti még csak a finomítóra és kapcsolódási pontjaira utal. Egy másik életciklus az alapanyag révén kapcsolódik a finomítóéval. A kőolajt ki kellett bányászni, ahhoz fűtőtornyot kellett létesíteni, ahhoz pedig anyagot kellett gyártani, azokat szállítani, szerelni kellett. A kitermelt olajt tárolni kell, ahhoz tárolók kellene, majd szállítani, tankhajókban vagy éppen csővezetéseken. A szállításhoz energia kell, az eszközök gyártásához, karbantartásához szintén.

Amikor kimondjuk, hogy biodízel, legfeljebb egy szép virágzó repceföldre gondolunk, meg egy kevésbé szép olajsajtólóra. Ha csak a biodízel előállításához szükséges termelési segédanyagokat nézzük (metanol, káliumhidroxid, nátriumhidroxid, kénsav, foszforsav, hidrogénklorid, ipari víz, széndioxid, nitrogén, elektromos áram, gáz) ugyancsak elcsodálkozunk, mi minden más anyagot is meg kell termelni, ahhoz, hogy elérjük végcélunkat. Vagy logisztikai létesítmények sorát kell felépíteni (olajos magvak átmeneti tárolója betakarítás után, olajos magvak tárolója az olajütőben, nyers olaj tároló, melléktermékek tárolója, technológiai segédanyagok tárolói, végtermék tárolása), amely együtt jár az anyagmozgatással, szállítással. Természetes lenne ezek energiárfordításait, s más terheit (széndioxid, hulladék, vízhasználat) is figyelembe venni a környezeti mérlegekbe, de ezek onnan rendre kimaradnak.

A benzin kapcsán beszélhetnénk még olyan indirekt kapcsolódásokról, mint az elsüllyedt tankhajók okozta környezeti károk elhárításának költségeiről, vagy az olajhoz kötődő háborúk energiaköltségeiről, környezeti katasztrófáiról, s persze társadalmi hatásairól.

Lehetetlen lenne követni a teljes kapcsolati hálót, s kiszámolni, hogy egy liter benzinre milyen, aligha mérhető, mégis valóságos környezeti terhek jutnak. A liter ehhez túl kicsi mértékegység, de minél nagyobb léptékeket vennénk elő, annál jobban érezhetővé válnának ezek a virtuális terhek.

Persze vannak erre kísérletek. Az ökológiai lábnyom, vagy ökológiai hátizsák pontosan a háttérben maradó terheket kívánja feltérképezni. Noha a tökéletesség elérésére itt sincs esély, ám néhány napvilágot látott adat ugyancsak elgondolkodtatja az embert. A Wuppertal Intézet számításai szerint,

• Fogkefe	1.5 kg
• Mobiltelefon	75 kg
• PC	500 kg
• 1 tonna importált fém	20 000 kg hulladék keletkezésével

World Water Council (2004) szerint

• 1 kg búza	1 000 l
• 1 kg tojás	2 700 l
• 1 kg marhahús	13 500 l víz felhasználásával párosul.

A különböző biomassa féleségekhez, s különböző hasznosítási módokhoz természetesen más és más energiamérlegek tartoznak. Nyilván meghatározó, hogy a kiszemelt alapanyag milyen produkciókra képes, milyen ökológiai, termőhelyi körülmények között.

A következő táblázat néhány átlagos hozamot mutat be (Wikipedis 2006. Biodiesel. <http://en.wikipedia.org/wiki/Biodiesel>)

*TerményBiodízel (l/ha)*

Szója, északi vidékeken	375
Szója, déli vidékeken	900
Repce	1,000
Mustár	1,300
Pálma olaj	5,800
Algák	95,000

*Etanol (l/ha)*

kukorica (USA)	1,360
cukornád (Brazília)	3,960 Benzinegyenértékben kifejezve (1:0,66)

A statisztikák szerint a pálma olaj és a cukornád a trópusi zónákban adja a legtöbb hajtóanyag alapanyagot hektáronként. A legígéretesebb a biodízel vonatkozásában az alga, de a technológia még javításra szorul. A cellulóz hulladékokból előállítható etanol is jelentős potenciállal rendelkezik, bár az enzimatikus feltárás drága, s az eljárás néhány elemének környezeti hatásai sem tisztázottak még (FOE International).

Kohlheib Norbert az Energia Klub kiadványában (Új utak a mezőgazdaságban, 2005), „Energiaültetvények termesztésének gazdasági jellemzői” című írásában közöl energia input/output hányadosokat különböző fás és lágy szárú fajok esetében, különböző termőhelyi adottságok, és termesztési intenzitások között. Míg a legkedvezőbb energia-kihozatali arányok általában a jó termőhelyeken extenzív körülmények között adódnak (kivéve kender), addig a legnagyobb energia outputok a jó termőhelyeken intenzív termesztési technológiák mellett érhetők el. Ez is mutatja, hogy a faj, termőhely és termesztési technológia befolyásolja a produkciókat, s ennek értelmében az energiatermelési lehetőséget is. Ám általában elmondható, hogy a nagyobb produkciók elérését lehetővé tevő intenzív termesztés energiaráfordítása kisebb arányban térül meg, mint az extenzívé. A közölt számok persze itt sem tartalmazzák a hiányolt virtuális háttérrel, s a számolások csak az ültetvényeken, s szállításba befektetett energiamennyiségekkel számolnak. A tüzelőanyagok előkészítésének (apríték, pellet, stb.), logisztikai műveleteknek, segédanyagoknak energiaigényei nem kerülnek bemutatásra.

A teljes energiamérleg összeállítását nagyban befolyásolják a konverziós utak, amelyek tovább bonyolítják az amúgy sem tiszta képet. A legnagyobb energia igény feltehetően a konverzióánál áll fenn. Ez kb. 60% is lehet, a konverziós út fajtájától függően.

A szaksajtó, de a tudományos irodalom is ellentmondó kijelentéseket tesz. Íme néhány:

„A biomassza megtermelése is gyakran nevezhető fenntarthatatlannak. Magasak az inputok, energia, növényvédő-szer, műtrágya, gépek, stb. Jó példa az USA-ból a kukoricából előállított bioetanol. Néhány tanulmány azt állítja, hogy kukorica és belőle az etanol kinyerése hatszor több energiát igényel, mint a végeredmék által leadott energia az autó motorban”.(Pescovitz, D. Ethanol Stirs Eco-Debate. Berkeley Eng. Lab Notes, Vol. 5, March 2006.)

„A szójabab négyszer hatékonyabbnak tűnik az etanolnál: míg a szójababból készült biodízel felhasználásával az előállításához szükséges energiaigénynek majdnem a dupláját vagyunk képesek kinyerni, addig az etanol alig termel 25 százalékkal több energiát, mint amennyit az előállítása során felemészt. Ez utóbbi különbség elsősorban abból adódik, hogy az etanol előállítása során erjedési folyamatokat kell beindítani, ami viszonylag nagy energiaigényű folyamat”. (National Geographic)

A biomasszával kapcsolatos elsőszámú kérdés tehát a kinyerhető energia, vajon pozitív, vagy negatív-e az energia mérleg, kevesebb, vagy több fosszilis energiát kell igénybe venni, mint amennyit a megújulókból remélhetünk?

A tudomány, úgy tűnik két táborra szakadt, annak megfelelően, hogy milyen érdekeltségek mozgatják.

Az ellenzők két amerikai professzor meglehetősen korai munkáira (David Pimentel, Cornell Egyetem, Tad W. Patzek, Berkley) hivatkoznak. Íme a szerzők néhány számításának eredménye, amely szerint az energia mérleg negatív.

- Kukoricából alkohol +29% fosszilis energia
- Fűből alkohol +45% fosszilis energia
- Fából alkohol +57% fosszilis energia
- Szójából dízel +27% fosszilis energia
- Napraforgóból dízel +118% fosszilis energia

Schmitz, N., Henke, J., (Innovation in the Production of Bioethanol and their Implications for Energy and Greenhouse Gas Balances) német szerzők, szemben az amerikai iskolával, azt állítják, hogy az energia mérleg pozitív. Szerintük a fenti szerzők elfogultak, elavult statisztikai adatokat használtak, nem veszik figyelembe a mezőgazdaság javuló hatékonyságát, az energiafeltárás technológiájának javulását, valamint a terménymaradványok energia tartalmát. Ők, 12 új tanulmányt választottak ki, amelyek nettó energia nyereséget és széndioxid megtakarítást mutattak ki.

Energia nyereség módja	Nettó energia nyereség etanol literenként	ÜVHG megtakarítás 11 etanol egyenlő 0,647 l üzemanyag széndioxid egyenérték
Széna/biogáz	15.7 – 20,1 MJ	1.8 kg
Növényi magvak/természetes hajtóanyagok	6.6 MJ	0,7 kg
Melasz/olaj	6,4 MJ	0,8 kg

*Forrás:* Schmitz, N.; Henke, J.: Innovation in the Production of Bioethanol and their Implications for Energy and Greenhouse Gas Balances

Ilyen és hasonló elemzésekben szinte reménytelen igazságot tenni, mert az eredmények valóban attól függenek, hogy ki, milyen tényezőket vesz figyelembe. Ugyan vannak ajánlott számítási szabványok, ám ezek tökéletessége is megkérdőjelezhető.

A legfőbb kritika, amely megfogalmazható, hogy általában csak első generációs, közvetlen energia igényeket vizsgálnak, s nem foglalkoznak az ökológiai hátizsák teljes tartalmával.

Pl. a növénytermesztésnél figyelembe veszik a mechanikai talajmunkák, vetés, betakarítás és szállítás energia igényét, de nem foglalkoznak a talajerő-utánpótlás, növényvédő szerek, vízpótlás másodlagos, harmadlagos energia igénnyel. Nyilvánvaló, hogy egy műtrágya megtermeléséhez, alapanyagainak kitermeléséhez, szállításához is energiára van szükség. Vagy mindezek virtuális víztartalma, s az ahhoz szükséges energia, mint ahogyan már arra fentebb utaltunk.

Mint látjuk a vita tárgya az is, hogy vajon minden hasznosítható növényi rész energiatartalmát is be kell-e számítanunk az energiamérlegbe. Pl., miután learattuk a repce magját, hasznosítsuk-e a repce kóróját is? Ez a kérdés másként is jelen van a biomassza hasznosításról szóló vitákban. Sokan úgy vélik, hogy vétek, sőt pocsékolás az egyszer megtermelt növények biomasszáját nem hasznosítani, hiszen ez csökkenti a befektetett természeti erőforrások hasznosulását. Ők azt javasolják, hogy először a maradványok hasznosítását kell megoldani, s utána jöhet a szerkezetváltás, a tisztán energianyeres céljából történő termesztés. Mások a maradvány biomassza kicsiny energiasűrűségére hivatkoznak, s az összegyűjtés magas költségeire, s ők elsődlegesnek tartják a lehető legnagyobb energiasűrűség elérését, azaz a tisztán energetikai hasznosítást.

Nyilvánvaló, hogy mindkét érvelés csak elsődleges gazdaságossági szempontokat vesz figyelembe, s nélkülözi a rendszerszemléletű megfontolásokat. Ha a megtermett biomasszából semmi sem jut vissza a talajra, s ennek következtében a talajszerkezet romlik, s hosszú távon a műtrágyák érvényesülése is csökken, akkor abszurd módon az is előfordulhat, hogy azért termelünk energiát a maradványokból, hogy annak segítségével biztosítsuk a talajerő fenntartását. Egyesek szerint a szerves anyagoknak a legjobb és leggazdaságosabb felhasználása, ha talajba forgatásuk révén a talaj humuszvagyonát gyarapítják, hozzájárulnak a talajélet és szerkezet fenntartásához, és a növények táplálásához.

Ennél a kép egy kicsit árnyaltabb. Természetes körülmények között senki sem szántja be a talajfelszínre jutó növényi, vagy állati maradványokat. Azokból élőlények közreműködésével stabil talajmorzsák keletkeznek, amely biztosítja a talajképződést, s a szerves-anyagok hosszú távú hasznosíthatóságát. Ezzel szemben a talajba forgatott tarlómaradék, de akár istállótrágya is nagyon hamar degradálódik a talajban főleg az ott folyó felgyorsított oxidáció miatt, ezért nem javítja a talaj szerkezetességét, legfeljebb tápelemek forrásaként szolgál rövid ideig. Bizonyos körülmények között az is előfordulhat, hogy mikrobiális bontásuk fitotoxikus anyagokat szabadít fel. A műtrágyák megfelelnek ugyan rövidtávon tápelem forrásnak, jó hozamfokozók, de a talaj szerkezetességét nem képesek javítani. Hosszú távon tehát nem lehet nélkülözni a talaj fenntartásához vezető természetes folyamatokat.

### **Természetvédelmi és ökológiai szempontok**

A biomassza termesztése és felhasználása esetén a következő szempontokat kell figyelembe venni:

- Ne vezessen a természetes élőhelyek kiterjedésének és minőségének további romlásához, sem közvetlenül, sem közvetve.
- Az energetikai célból hasznosításba vont területen az előző felhasználással összevetve csökkenjen a környezeti terhelés.
- A hasznosított területen az előző felhasználáshoz képest javuljanak a biodiverzitás mutatók, mind mennyiségi, mind minőségi vonatkozásban.
- A hasznosításból ki kell zárni az invazív és genetikailag módosított fajokat.
- Az eredeti ökológiai feltételeknek (talaj, vízháztartás, klíma) megfelelő, az azokat megtartó természetstechnológia kerüljön kiválasztásra, amely nem csökkenti az adott ökológiai rendszer megújuló-képességét.

Az igazság az, hogy, ha szeretnénk kizárni a környezeti feltételek romlását, akkor ugyancsak konfliktusba kerülünk az energetikai célú ültetvények legfontosabb elvárásával, a magas produkcióval. Márpedig ezeknek az ültetvényeknek ez a célja, különben megfelelnek a természetes körülmények között elérhető hozamok is a természetes rendszerekből.

Úgy tűnik azonban, hogy a természet elügyetlenkedte az evolúció során létrehozni az ember igényeinek megfelelő, feltehetően végtelen nagyságú produkciót adó rendszereket. Az ember most ezt próbálja pótolni, s lelkesült világmentőink azt kívánják bizonyítani, hogy egyre nagyobb produkciójú rendszereket lehet kicsikarni a természettől, anélkül, hogy cserébe bármit is feláldoznánk. Ez az egész olyan, mintha egy boroshordót szeretnénk megcsapolni, de nem akarunk kintről bele semmit sem önteni, csak egyre többet szeretnénk belőle inni. Nagyobb torkú embert lehet találni, de ettől a hordó csak gyorsabban fog kiürülni, ha nem töltjük utána.

Vajon a 60 tonna (valószínű nedves anyagról van szó) hektáronként terméshozammal kecsegtető, amerikai kutatók által nemesített elefántfü mitől képes erre a bámulatos produkcióra?

Először is, monokultúrát alkot, hiszen négy méteresre növe, aligha él meg más növény az árnyékában. Tehát már le is mondhatunk a biodiverzitás növelésének a szempontjáról, hiszen ennél még a szántóföld is magasabb diverzitást nyújt a gyomkultúrájával.

Másodszer a növények által termelt szerves-anyag a napenergia segítségével épül fel, a levegő széndioxidjából, vízből, és a talajban lévő ásványi, és szerves anyagok bomlásából, bontásából származó kémiai elemekből. Ebből a nap és a széndioxid nem korlát, legalábbis, amíg éppen nincs túl sok ez utóbbiból, a víz, illetve a talajban lévő tápanyagok azonban véges mennyiségűek, sőt egymás jelenléte, hiánya által limitáltak is. Tehát külső források bevitelével a magas produkció nem fenntartható, a „hordó” előbb-utóbb kiürül.

Marad tehát a külső források bevitelének kényszere. Azonban az ökológiai rendszerek működésének túlzott leegyszerűsítése hozhatja csak létre azt a gondolkodást, hogy a talajban lévő elemek pótolhatók az elégetésből származó hamuból, s néha egy kis műtrágya adagolással a nitrogén, foszfor igények is kielégíthetők. Jól látható, hogy a hasonló alapokból kiinduló intenzív mezőgazdaság a produkciók megnövelése mellett milyen környezeti terheket hagyott maga után, miután figyelmen kívül hagyta a rendszerek eltartó és tűrő-képességét.

A biogeokémiai ciklusok, amelyek az élet megújítását jelentik, 30-40 elem részvételét igénylik, amelyek végessége, rendelkezésre állása egy adott rendszerben limitáló tényező. A tápanyag utánpótlását a talaj, víz, levegő között folyó interakciók biztosítják, amelynek legfőbb mozgatórugója az élő szervezetek tömege. A körforgásba hatalmas geológiai tartalékelem raktárak iktatódnak közbe, amelyek egyrészt gázfázisúak (C,N,O), s amelyek gyors ciklusokat tesznek lehetővé, míg az üledékes kőzetek tartalékai (P,S) csak lassan mobilizálhatók, és éppen ezért korlátozó tényezők. A rendszerek működés teli van hasonló önszabályozó, egymást kiegészítő funkciókkal. A minaralizációnak az immobilizáció a fordítottja. Míg a mineralizációban az elemek szerves kötésből ásványi kötésbe kerülnek baktériumok közreműködésével, s csökken a talajban a szervesanyag, s nő a növények számára felvehető tápanyagok mennyisége, addig az immobilizációban a szervetlen elem épül be valamelyik talajmikróbába, amely elvonja a növény elől a hasznosítható elemet. Pl. gazdag szénforrások esetében a mikrobák immobilizálják a műtrágyával bevitt nitrogént és foszfort a növény elől. Ezek az antagonizmusok tudják biztosítani azt, hogy a növekedés ne lehessen végtelen, s hirtelen, ne haladhassa meg az alkalmazkodáshoz szükséges idő sebességét. Ezek a mechanizmusok képesek bizonyos mértékig kiegyenlíteni az ember ismerethiányából fakadó téves beavatkozások hatásait is.

Az igazság az, hogy a biomassa célú termelés az egész növényi kultúrát szőröstől-bőröstől akarja hasznosítani. Egy természetes erdőben is sokkal több szerves-anyag van, mint amennyit rönk formájában ki lehet hozni belőle, de az nem hozzáférhető, vagy csak nehezen az. Egy energiaültetvényből, minden, ami a föld felett nő levágható, elvihető. Egy erdőben a fák ágai, gallyai egy bizonyos vastagság után nem hasznosulnak az ember által, a cserjék, s lágyszárú növények sem. Hasznosulnak viszont az egész erdei ökoszisztémában, ahol a lebontó szervezetek hatalmas „biomasszája” ezekből a „hulladékokból” fenntartja az ökoszisztémán belüli, és azon kívüli anyag- és energia-áramlásokat.

Ha a talaj felől elviszünk mindent, akkor megsértjük a talaj és felszín között megvalósuló interakciókat, s „kiéheztetjük” azt az életet, amely az anyag- és energia-áramlásokat biztosítja. Ugyanis a mineralizáció folyamatát, amely heterotróf szervezetek közreműködésével zajlik, az elhalt élőlények anyaga táplálja. Ennek során a szerves vegyületek szervetlenné bomlanak, s miután a bomlástermékek egy része a légkörbe távozik, másik része, a talajban ásványi anyaggá alakul, amely táplálékul szolgál a növényzetnek. A fent említett, 30-40 elem körforgását a talajban egy négyzetméteren, s tetszőleges mélységben 400 gramm tömegű élő anyag biztosítja átlagosan, amely egy hektáron átlagosan 4 tonna, optimális esetben 30 tonna élő anyag tömeget jelent. E mögött hihetetlen fajszámok és egyedszámok sorakoznak fel, pl. négyzetméterenként, s

tetszőleges mélységben  $10^{14}$  baktérium egyed,  $10^{11}$  gomba,  $10^8$  algaegyed, stb. Minden egyes beavatkozás az ökológiai rendszerbe, talajművelés, taposás, talajvízszint emelkedés, süllyedés, stb., a mikrobaközösségek katasztrófájához vezet.

Anélkül eszünk bolygó léptékű beavatkozást az ökológiai rendszerekbe, hogy tisztába lennénk az egyes alrendszerekben, s azok között megvalósuló történésekkel. Ilyen bátorságra csak a tudatlanság jogosíthat fel bennünket! Általánosságban azt az ítéletet is kimondhatjuk, hogy a biomassza elégetésével az ökológiai rendszerek megújulását lehetővé tévő tápanyagot füstöljük el, hogy kielégítsük féktelen energiaéhségünket. Nézetem szerint a biomassza elégetésénél nagyobb csapást még nem mért az ember saját magára, hiszen most rúgja ki maga alól a táplálékpiramis alapköveit.

### A széndioxid semlegesség mítosza

A biomassza hasznosítással kapcsolatban már láttam sokféle támogató érvet, s ellenérvet is szép számmal. Azonban még egyik sem vizsgálta a biomassza elégetésének a kérdését a globális anyag és energiaáramlás egészén belül. Tudósok ismételtetik, hogy a biomassza elégetése széndioxid semleges, mert, hogy annyi széndioxidot bocsátunk ki elégetése során, mint amennyit az életében megkötött. Mások azt fejtegetik, hogy megtermelése, szállítása és elégetése során bocsátunk ki annyit, mint amennyit megköt életében. Megint mások az állítják, hogy maga a folyamat ugyan nem széndioxid semleges, de a fosszilis energiahordozók elégetéséhez képest széndioxidot takarít meg.

Hogy is van ez?

Egy növény nem lóg a levegőben, azaz nem vizsgálható önmagában, hiszen interakcióban van a talajjal, vízzel, levegővel, s más élőlényekkel. Tehát, ha például egy erdőt nézünk, vagy egy mezőgazdasági ültetvényt, akkor annak az egész anyag és energiaforgalmát kell néznünk. Ebben a megvilágításban, már nemcsak a széndioxid, hanem más üvegházhatású gázok, mint metán,  $N_2O$  is szerepet játszanak.

Az autotróf szervezetek a fotoszintézis során évente 180 MD tonna biomasszát termelnek, s megközelítőleg ugyanennyi használdik el a légzés és mineralizáció útján. Az élő biomassza széntartalma szárazföldi élőlények esetében 800 MD tonna (20 év tartózkodási idő), az óceánokban élők 5 MD tonna (0.2 év tartózkodási idő) szenet reprezentálnak. Az elhalt szárazföldi biomassza széntartalma 1 200 MD tonna, az óceánokban 1 000 MD tonna (tehát viszonylag kis mennyiségű biomassza nagy produkciót állít elő!), mindkettő tartózkodási ideje 30 év. Az atmoszféra 700 MD tonna szenet raktároz széndioxid formájában (Papp,S.-Kümmel,R.: Környezeti kémia), amelyből a földi vegetáció és tengerek élővilágának fotoszintézise egyaránt 35 MD tonna szenet köt le. A fosszilis tüzelőanyagok elégetéséből származó, légkörbe kerülő szén mennyisége 5,3 MD tonna, amely az összes légkörbe jutó széndioxid kevesebb, mint 5%-ka. Pl. ezzel is egyensúlyt kellene tartania az üledékképződésnek, s a talajban folyó irreverzibilis szénlerakódásnak, ami a tengeri üledékek esetében 0.5 MD tonna, az irreverzibilis lerakódásnál kevesebb, mint 0.1 MD tonna szén. A tengerek széndioxid elnyelő képessége az emberi eredetű kibocsátások felére korlátozódik, így a légkör karbónium tartalmának növekedése 2 MD tonna, illetve 0,3%.

Ha csupán egy szárazföldi autotróf szervezetet nézünk, akkor az a fotoszintézis során megtermelt szerves anyag egy részét elégeti, tehát a megkötött széndioxid egy részét maga is visszajuttatja a környezetben, más részét szervezetének felépítésére fordítja, tehát a szenet időlegesen raktározza. Addig pozitív ez a mérleg, amíg növekszik.

Ha az ökoszisztéma egészét nézzük, akkor az autotróf, szerves-anyag termelő növényekre heterotróf, szerves-anyag fogyasztó szervezetek települnek, akik elégetik a szerves anyagot, s a megkötött szenet széndioxiddá oxidálják, kilélegzik, illetve a szén egy részét maguk is beépítik

szervezetükbe. Az elhalt szárazföldi biomassa a korhadás, rothadás során lassan kerül lebontásra, amely időlegesen (30 év körüli tartózkodási idő) szenet von ki a körforgalomból. Ha a szerves-anyag közvetlenül levegőtől elzárt körülmények közé kerül, vagy az öt korábban elfogyasztó szervezettel történik ez elhalása után, akkor a szén fosszilizálódik, s ideiglenesen ( $10^8$  év tartózkodási idő) kivonásra kerül a körforgásból. Természetesen a talajban lévő víz is tartalmaz szenet, vagy széndioxidot oldott formában, vagy karbonátokban megkötve. A szén egy része tehát kivonásra kerül a gyors körforgásból, ha az ökoszisztéma egészét nézzük.

A talaj ember általi közvetlen, vagy közvetett bolygatása azonban részben képes mobilizálni a tárolt szenet. A gyakori talajművelés, szántás, lazítás, stb., átrendezi a talajban működő természetes folyamatok dinamikáját.

Az egyik lényeges hatás a talaj bolygatása közben a talaj szellőztetése, amely két úton is hozzájárul a szén mobilizációjához. A talaj idealizált térfogati összetételében a levegő a talaj térfogatának egynegyedét teszi ki, másik negyede víz, 45%-ka ásványi anyag, 5%-ka szerves anyag. A különböző méretű pórusokat kitöltő levegőben a széndioxid tartalom 6% körüli (levegőben: 0,037tf%). A szellőztetés egyrészt ÜVHG gázok felszabadulásához vezet (széndioxid, metán, dinitrogén oxid) másrészt mivel megváltoztatja a széndioxid koncentrációját, s megnöveli az oxigén koncentrációt, ezért a talajban az oxidatív folyamatok kerülnek túlsúlyba.

Csak Magyarországon évente 4,8 millió hektáron 30-32 milliárd  $m^3$  talajt mozgat meg a földművelő. A talaj kiszántásakor annak rétegezetsége vagy megfordul, vagy részben átfordul, ami azzal jár, hogy a mélyebben lévő, anaerob körülmények uralta rétegek aerob körülmények közé kerülnek, a felsők pedig rossz oxigénellátás közé. Az alulra került rétegekben tömeges baktériumpusztulás indul meg, az ásványosodás lelassul. Felül a mikroorganizmusok aktiválódnak, a lebontási folyamatok, humusz-bontó folyamatok felgyorsulnak. A humusz degradációjával romlik a talaj szerkezetessége. A szerkezetességet tovább rontja az esőcseppek, valamint a taposás mechanikai hatása, amelyek a pórustérfogatot csökkentik. Az eketalp tömörödötté válik, benne a fermentáló baktériumok kapnak nagyobb szerepet, amelyek toxikussá teszik a talaj ezen rétegét a növényi gyökerek számára, így azok képtelenek ezeket a talajmélységeket használni.

A szántással kapcsolatos problémák enyhítésére alkalmazott mélylazítás (50-70 cm) ugyancsak növeli az aerob dinamikát a talajban. Ez ugyan detoxikálja a mélyebb rétegeket, de ott is megnöveli az oxigén jelenlétet, s ezzel mobilizálja a szenet. Látható, hogy a talajművelés nagyban megzavarja a talaj biodinamikáját, ugyanakkor a növénytermesztésre gyakorolt hatásai egymásnak ellentmondók. A talaj szénháztartását illetően elmondható, hogy összességében csökkenti a szerves szén mennyiségét, s növeli a talaj széndioxid leadását.

Szabó István Mihály „Az általános talajtan biológiai alapjai” (Mezőgazdasági kiadó, 1986) című könyvének 331. oldalán Schneider (1975), Keulen (1980) munkásságára hivatkozva a következőket írja: „A légkör széndioxid készleteinek növekedése, amelynek hatására az elkövetkező ötven évben a mezőgazdasági termelésre is kiható klímaváltozásokkal kell számolnunk a fosszilis energiahordozók elégetésén kívül elsősorban is a szárazulatok talajainak szerves-anyag veszteségeire vezethető vissza, ... Stuvier (1978) szerint a földfelszín szerves szénkészletei 1850 és 1950 között több, mint 100 gigatonnával csökkentek (100 milliárd tonna)”. Ez a mennyiség megközelíti az ebben az időszakban elégetett szén mennyiségét.

A periódust követően valószínű, hogy a fosszilis energiahordozók elégetéséből származó széndioxid sokkal nagyobb mértékben nőtt, mint a mezőgazdasági talajművelésből származó kibocsátás. A kibocsátást csökkenthették volna az agrotechnikai eljárások változásai, a kevesebb talajműveléssel járó gazdálkodás, de nyilván az újabb és újabb gazdálkodásba vont földterületek kompenzálták a kedvező hatásokat. Ha csak továbbra is évente 1 MD tonna szén

mobilizációjával számolunk, az akkor is egy olyan jelentős diffúz kibocsátás, amely döntően járul hozzá a légkör terheléséhez.

A légkör ÜVHG terhelésében a talajművelés a műtrágyázáson keresztül is szerepet játszik. A talaj természetes biodinamikájához tartozik, hogy a fölösleges mennyiségben jelenlévő nitrogént a denitrifikáció eltávolítja a talajból. Oxigén hiányában a fakultatív anaerob baktériumok nitrátlégzésre térnek át, ennek segítségével égetik el a szerves anyagokat. A denitrifikációban ezért a nitrit és nitrát nitrogén monoxidá, dinitrogén oxidá és nitrogénné redukálódik. A talajból távozó nitrogén gázok kb. 10%-ka dinitrogén oxid.

Régen úgy gondolták, hogy denitrifikáció káros folyamat, mert csökkenti a talaj nitrogéntartalmát. Ezért is erőltették a talaj fokozott szellőztetését, hiszen a talajlazítás során felvett oxigén csökkenti a denitrifikálók aktivitását. Valaki úgy gondolhatná, hogy ez nagyon jó, így legalább kevesebb dinitrogén oxid kerül ki a levegőbe. Ám ha a denitrifikáció nem távolítja el a fölösleges nitrogént, akkor a nitritek, nitrátok a talaj és talajvíz, majd élővizek nitrátosodásához járulnak hozzá.

A denitrifikáció szerepe azonban pont azáltal nélkülözhetetlen, hogy az ember mesterségesen fixál nitrogént a levegőből, s nitrogén műtrágyák formájában azt bejuttatja a talajba. A túlzott műtrágya használat vezet a nitrogén fölösleghez, s fokozódó denitrifikációs aktivitáshoz. Végül tehát így lesz a műtrágyázásból fokozódó üvegházhatás. Ha pedig ezt a rossz tulajdonságot szeretnénk az oxigén jelenlétével kiküszöbölni, akkor, pedig éppen több szenet mobilizálunk.

Természetesen az ember okoskodása mindenképpen megtöri az ökológiai rendszerek (kibernetikus nyílt rendszerek) önszabályozási mechanizmusain. Sokan gondolják úgy, hogy a légkörben halmozódó széndioxid, vagy a talajban fölöslegben lévő nitrogén, mint alapvető alkotói a szerves anyagoknak, fokozni fogják a szervesanyag termelést. Ez azonban a különböző tápanyagok felvételének egymás általi limitáltsága miatt nem így van. Pl. hiába igyekeznek géntechnológusok rávenni növényeinket a nitrogén fixációra, ha a fixálható mennyiséget limitálja a magas energiaigény, a molibdén, vas, kén elegendő jelenléte, vagy éppen a folyamat oxigén érzékenysége. A növekvő széndioxid koncentráció maga is limitáló tényező a talajban, mert gátolja a növények víz, kálium, nitrogén, foszfor, kalcium és magnézium felvételét.

Az agrotechnikai műveletek nemcsak a talaj biodinamikájának megzavarása miatt járnak széndioxid kibocsátással, hanem közvetett módon is a szén mobilizációjához vezetnek. A közvetve előidéztet folyamatok közül a talajpusztulást (defláció, erózió), s a vizes területek lecsapolását kell megemlíteni, mint az időlegesen raktározott szén mobilizációjának a forrását.

Az agrotechnikai műveletek legkézenfekvőbb összefüggése a széndioxid kibocsátással a műveletek végrehajtásához használt fosszilis energiahordozó elégetése. Nem ennyire nyilvánvaló azonban, hogy a gépek üzemeltetéséhez használt hajtóanyagok, kenőanyagok virtuális széndioxid kibocsátást is itt kellene számba venni, hasonlóan a virtuális energiafelhasználáshoz az energiamérlegben.

A széndioxid mérleghez tartozik a természetéshez szükséges műtrágya, szerves-trágya, és növényvédőszer előállítás, szállítás, kijuttatás látható és virtuális energia-felhasználására eső széndioxid kibocsátás is. Illő számba venni az összes szállítási út és eszköz energiaigényét reprezentáló, továbbá a logisztikai műveletek és létesítmények látható és virtuális energiafelhasználásának széndioxid kibocsátását.

Ezután kell számolni a primer mezőgazdasági termékek konverziójának energiaigényére adódó széndioxid kibocsátással. Ez az átalakítási utak milyenségével, szakaszainak számával és hatékonyságával változik. Jól látható az etanol estében, hogy mennyire fontos a virtuális kibocsátások számbavétele is a teljes életcikluson keresztül. Az etanol elégetésénél kiemelik annak alacsony széndioxid kibocsátást, ám nem számolják, hogy az alkoholos erjedésnél már elszállt a maradék. Az anyagmegmaradás törvényét azért nem kellene megcáfolni!

Ezt követi a létrehozott, közvetlenül hasznosításra szolgáló hajtóanyag elégetése közben keletkező széndioxid mennyiségének figyelembe vétele a mérlegben.

Az energiámérleghez hasonlóan nehéz, de egyáltalán nem jelentéktelen kérdés, hogy hol számoljuk el azoknak az energia-befektetéseknek a széndioxid terhelését, amelyeket azért kell megtennünk, hogy a létrejött közvetlen és közvetett környezeti károkat orvosoljuk?

Ezek után térhetünk vissza a bevezetőben feltett három kérdés megválaszolására. Az nyilvánvaló, hogy magának a hajtóanyagoknak az elégetésekor annyi szénét égetünk el, mint amennyit a biomasszát reprezentáló hajtóanyag megkötött. A teljes biomassa nem kerül teljes mértékben elégetésre, pl. lehullott levelek, gyökerek, stb., a talajban bomlanak le, s nagyjából egyensúlyba kerülnek a megkötést, kibocsátást illetően. Hangsúlyozni kell azonban, hogy a talajban időleges tárolásra kerülő szénkészlet lényegesen kevesebb, mintha a biomasszát teljes egészében a talaj hasznosítaná, s ezzel a mérleg, a kiindulási állapothoz képest pozitív a kibocsátási oldalán. Természetesen az elsősorú érvelés teljesen félrevezető, hiszen megfeledeznek arról, hogy az égetésre kerülő hajtóanyag elégetéséig vezető folyamat széndioxid kibocsátása, még a legrovidebb hasznosítási út esetén is a mérleget szuficitessé teszi a kibocsátás szempontjából. Ezért a második állítás, hogy a biomassa megtermelése, szállítása és elégetése során bocsátunk ki annyi széndioxidot, mint amennyit megkötött növekedése során, teljes képtelenség.

A harmadik állításon, hogy maga a folyamat ugyan nem széndioxid semleges, de a helyettesítésre kerülő fosszilis energiahordozók elégetéséhez képest széndioxidot takarít meg, ezen lehetne gondolkodni.

Mint az ökológiai lábnyom koncepció alapján ismert, energia fogyasztásunk is kifejezhető területben. Ennek alapja két számolási út. Az egyik szerint, mekkora területre van szükségünk ahhoz, hogy a fosszilis tüzelőanyagok elégetéséből származó széndioxidot elnyelje. Míg az un. etanol helyettesítési módszer azt mutatja meg, hogy mekkora területen lehet helyettesíteni ekvivalens mennyiségű fosszilis energiahordozóból származó energiát. Íme Rees és Wackernagel számításainak eredménye.

Energia hordozó	Produktivitás (gigajoule/ha/év)	100 gigajoule/év lábnyoma hektárban
Fosszilis		
-Etanol módszer	80	1,25
-Széndioxid elnyelés	100	1,0
Vízierő (átlag)	1,000	0,1
-alsószakasz	150-500	0,2-0,67
-felsőszakasz	15,000	0,0067
Napkollektor	40,000	0,0025
Napelem	1000	0,1

*Forrás:* Wackernagel, M.; Rees, W. (1996): Our Ecological Footprint. New Society Publishers

Mint jól látható, az etanol helyettesítési módszernek nagyobb a lábnyoma. Miért? Mert ahhoz, hogy megtermeljük a biomasszát, feldolgozhatóvá tegyük, s feldolgozzuk, ahhoz fosszilis energiahordozókból származó energiára van szükség.

Végül, annak a kérdésnek a feltevése, hogy széndioxid semleges-e a biomassa felhasználása, teljesen értelmetlen, hiszen az egész ökoszisztéma történéseit, s annak ÜVHG következményeit, csak együttesen vizsgálhatjuk. Ebben a megközelítésben számolnunk kell más, a folyamathoz tartozó ÜVHG kibocsátásokkal is, mint amilyen a metánról, dinitrogén oxid, vízgőz, stb.)

A fenti kérdésekkel szemben, viszont jogosan feltehető az a kérdés, hogy a mezőgazdasági szerkezetváltás járhat-e energiafelhasználás megtakarítással, és környezeti teher megtakarítással. Erre a kérdésre a válasz egy feltételes igen, tehát az a kérdés, hogy mi az új szerkezet. Az üzemanyag célú termelés a jelenlegi termelésbe vont fajták területi átrendeződését vonná magával, de nem jelentene művelési-ág változást. Ezzel szemben a művelési ág váltás a szántóföldi növénytermesztésről az energetikai célú fászfűveléssel történő ültetvények irányába az előző kultúrákhoz képest javíthatja a környezeti teljesítményt. Itt sem lehet azonban magát a termesztés folyamatát a konverzió folyamatától elválasztani.

### Néhány következtetés, ajánlás

A megújuló energiaforrások felhasználása környezeti szempontból csak akkor lehet eredményes, ha a megújuló energiaforrásokból származó energiamennyiség helyettesíti a fosszilis energiahordozókból származó energiatermelést, s nem maga is hozzájárul az emberiség rohamosan növekvő energiaigényéhez. Az OECD országok energiafogyasztása harminc év alatt, a hatékonyság növekedése mellett is, 57%-kal nőtt, a nem OECD országok esetében, pedig 124%-kal.

A fentiek értelmében az energiafelhasználás azonnali befagyasztására, majd pedig tervszerű csökkentésére van szükség. A csökkentés az energiahatékonysági intézkedésekből származhat. Az első tíz évben átlag évi 1%-os hatékonyság növekedést, s fogyasztás csökkentést kell elérni, majd a következő tíz évben átlag 0.5%-os hatékonyságnövekedés célkitűzése indokolt. A célkitűzés teljesíthetőségét mutatja, hogy az OECD országok évente átlag 1,1%-os hatékonyságnövekedést könyveltek el az utóbbi harminc évben. A mindenkori energiaforrás felhasználáson belül kell gondoskodni arról, hogy a megújuló energiaforrások egyre növekvő mértékben helyettesítsék a nem megújuló energiaforrásokat. Ezen a téren évente a fennmaradó fosszilis energiahordozók 1%-kának helyettesítést tarjunk követhetőnek.

A megújuló energiaforrások közül a nem kimeríthetők (nap, szél) felhasználást kell előtérbe helyezni a kimeríthetőkkel (biomassza) szemben.

Magyarországot érő napsugárzás energiatartalma több ezerszerese az ország energiaigényének. Tiszta időben a sugárzás intenzitása maximum 900—1000 W/m<sup>2</sup>, amely kedvező a nemzetközileg elfogadott 800 W/m<sup>2</sup> átlagértékhez mérten. Napenergia hasznosításra az ország egész területe alkalmas, a legkevésbé napos területek az Alpok alja és a kisalföld ÉNy-i része, valamint Szabolcs - Szatmár - Bereg megye, ahol 850 W/m<sup>2</sup> a sugárzási intenzitás. Az ország többi részén 850-990 W/m<sup>2</sup>.

Az évi 2000-2200 napsütéses óra szám, 280-300 napon tenné lehetővé a napkollektorok használatát. A melegvíz használat 70-75%-át, a fűtési energiaszükséglet 30-35%-át lehetne napenergiával fedezni. Ha pusztán a napsugárzás energiatartalmát nézzük, a jelenlegi PV technológiákkal 320 km<sup>2</sup>-nyi napelemmel elő lehetne állítani Magyarország villamos-energia szükségletét, elméletben. Ekkora felületméret akár az épületeken is rendelkezésre áll.

Jelen pillanatban a nagy beruházási költségek, s a hosszú megtérülési idő nem teszi versenyképessé a piacon a napenergia felhasználást. A napenergia (aktív és passzív) hőtermelési alkalmazásának legfőbb akadálya eddig, a rendkívüli mértékben támogatott földgázfelhasználás, a 80-as évektől indult erőteljes gázhálózat fejlesztési program volt. A földgáz kedvezményes áfa körbe tartozott, s eredetileg még 2006-ra is 220 milliárd lakossági gázár kompenzációt terveztek.

Annak módja, hogy mind az államot, mind a fogyasztókat megszabadítsuk az egyre növekvő terhektől, s a külső függőségtől is megszabaduljunk, az energiafogyasztás befagyasztása és a fosszilis energiahordozók helyettesítése a nem kimeríthető, megújuló energiaforrásokkal.

A kimeríthető, megújuló energiaforrások felhasználási lehetőségét az azokat megújító természetes rendszerek teljes eltartó-, s tűró-képességének figyelembe vételével kell megtervezni.

Energetikai célokat szolgáló mező- és erdőgazdálkodási alapanyag-termelés akkor elfogadható:

- Ha a felhasznált területen az előző felhasználással összevetve csökken a környezeti terhelés.
- Ha a teljes életciklusra kivetítve, a virtuális energiafelhasználásokat is figyelembe véve, az alapanyag és az abból történő energiatermelés, valamint a megtermelt energia hasznosítása pozitív környezeti mérleget mutat.
- Javul az energia bevitel, kihozatal aránya.
- Ha, javulnak a biodiverzitási mutatók, mind mennyiségi, mind minőségi vonatkozásban.
- Ha, tájhonos fajok kerülnek haszonvételbe, kizárva az invazív és genetikailag módosított fajokat.
- Ha az eredeti ökológiai feltételeknek (talaj, vízháztartás, klíma) megfelelő, az azokat megtartó természetstechnológia kerül kiválasztásra, amely nem csökkenti az adott ökológiai rendszer megújuló-képességét.
- Ha a használat célja, és eredménye bizonyítottan előnyösebb társadalmilag a megelőző használatnál.
- Ha a hasznosítás nem hoz hátrányba társadalmi csoportokat, azaz az energetikai hasznosítással összefüggésben nem sérülnek az alapvető szükségletek kielégítésének lehetőségei, s nem nő a társadalmi polarizáció.

A megadott szempontok alapján ki kell dolgozni a különböző biomassa hasznosítási módok fenntarthatósági elemzésének modelljét, s elemzések útján kell meggyőződni a feltételek teljesüléséről. Csak a teljes életciklusban pozitív társadalmi és környezeti eredményt hozó hasznosítási módokat szabad engedélyezni.

## **Zárszó**

Képzeljük el, hogy a biomassa termelés és átalakítás energiaigényét ugyancsak biomasszából nyert energiából elégítjük ki, tehát a biomassa minden fosszilis tüzelőanyagot helyettesíteni tud. Ebben az esetben következne be az a forgatókönyv, amely a természetben zajlik, s amelynek során szigorúan szabályozott módon történik a természeti erőforrások termelése, megújulása, ahol is a nettó produkció a napenergia megkötéséből származik. Ez a fenntartható szint az erőforrás használatban, s amelynek nettó produkciója sokkal szerényebb, mint a jelenlegi ember általi igény. A fenntartható társadalomban ezzel kellene megelégedni!

A produkció fokozása az emberiség által csak újabb, a bio-geokémiai ciklus által nem hasznosított energiák bevitelével lehetséges, amennyiben ezt a „túlpörgetést” képes sérülésmentesen tolerálni az élő rendszer. Eddig a rendszert a biogeokémiai ciklus által félretett geológiai raktárakból szerzett fosszilis energiahordozók segítségével vettük rá a gyorsabb produkcióra, most ezekhez adunk még megújuló energiaforrásokat. Ez a kettő így teljes mértékben lehetetlen, a rendszer sérelméhez, szerkezetének és funkciójának változásához vezet.

Mi a helyzet, ha képesek vagyunk arra, hogy a fosszilis energiahordozókat teljes mértékben helyettesítsük. Ebben az esetben a túlpörgetéshez szükséges energiát megújuló energiaforrásokból fedezzük, s már csak az a fontos kérdés marad, hogy túlpörgethető-e a rendszer?

A rendszer túlpörgetése annak sérelme nélkül nem lehetséges, mert, mint látható a különböző folyamatok egymást bonyolult szabályozó mechanizmusokon keresztül limitálják. Ha a rendszer

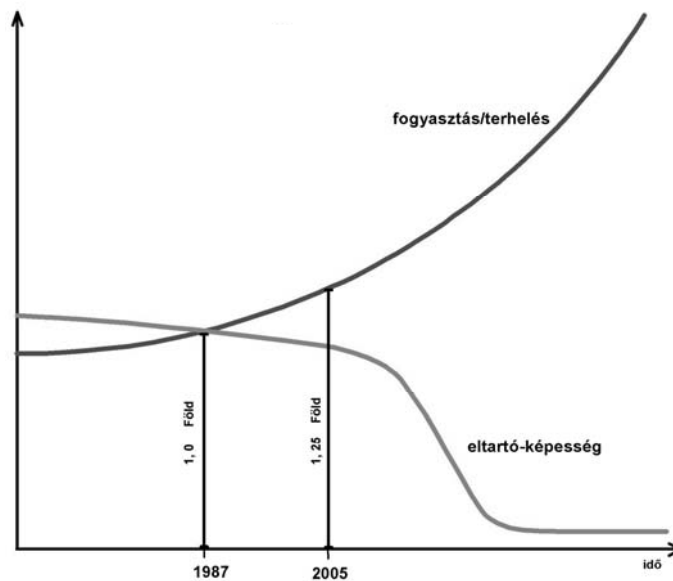
sérelme nélkül lehetséges lenne a felpörgetés, akkor ezt már maga a rendszer is megtette volna, hiszen a napsugárzás fölösleges mennyiségét nem hagyta volna kihasználatlanul.

A jövőre nézve az emberiség előtt három forgatókönyv áll az erőforrás-használatot illetően.

Az ökológiai lábnyom számítások (Rees: Global Ecological Footprint Network; WWF Élő Bolygó Index) szerint a Föld ökológiai eltartó-képességét 1987 környékén meghaladtuk. Ez után már a jövő generációk előtt fogyasztjuk az erőforrásokat, ráadásul csökkentjük a környezeti eltartó-képességet, s ezzel már nemcsak a kimeríthető erőforrásokat éljük fel sebesen, de a megújuló megújulási lehetőségét is tönkretesszük.

1. forgatókönyv: Az összes anyag és energiafelhasználás a jelenlegi ütemben nő, s ezzel párhuzamosan nőnek a környezeti terhek is.

Eredmény: Nő a gazdaság, nő a hatékonyság, a hatékonyság ellenére nő az összes környezeti terhelés. Az eltartó-képesség rohamosan csökken, a növekedés nem fenntartható, a társadalmi összeomlás bekövetkezik.

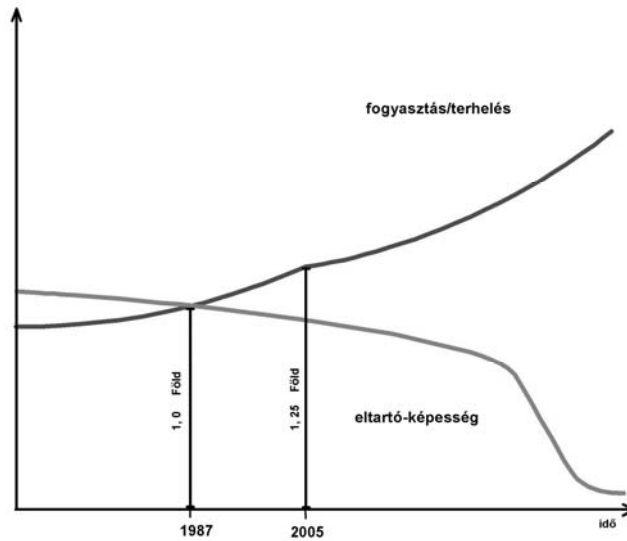


1. ábra: Jelenlegi út – várható jövő

Forrás: Ökológiai Intézet, 2005.

2. forgatókönyv: Növeljük az ökohatékonyságot, többet termelünk kevesebből.

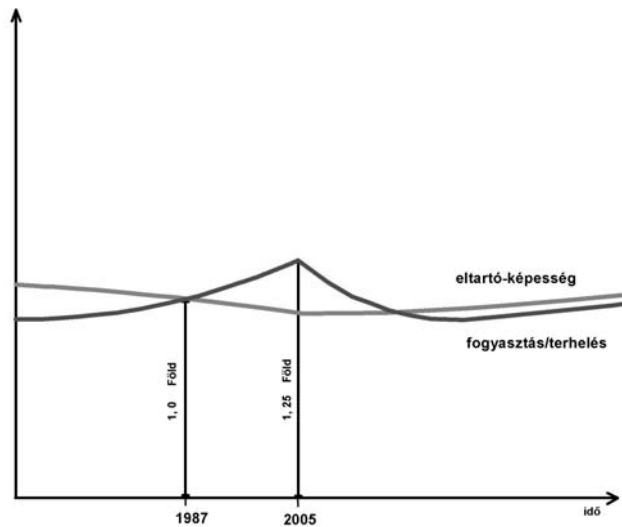
Eredmény: A hatékonyság javulásának ellenére nőni fognak a környezeti terhek és az összes anyag és energiafelhasználás, mert a hatékonyság növekedését túlszárnyalják a növekvő igények, az emberiség növekvő létszáma. Az eltartó-képesség folyamatosan, de nem oly meredeken csökkenni fog, s a növekedés fenntartása nem lehetséges, az összeomlás ideje későbbre halasztódik.



2. ábra: Ökohatékonyági út – várható jövő  
 Forrás: Ökológiai Intézet, 2005.

3. forgatókönyv: A jelenleginél alacsonyabb szinten limitáljuk a környezet terhelését (legalább 25%).

Eredmény: A gazdasági növekedés átmenetileg visszaesik, a hatékonyság növelésére megnő az igény. A növekvő hatékonyság újraindítja a gazdasági növekedést. A gazdaság a hatékonyság bővülésének mértékében növekedhet. A környezet eltartó-képessége regenerálódik, s nő. A növekvő eltartó-képesség és a hatékonyság egymást támogatják, s meghatározzák a gazdasági bővülés mértékét.



3. ábra: Fenntarthatóság – várható jövő  
 Forrás: Ökológiai Intézet, 2005.

A fenntarthatóság érdekében tehát csökkenteni kellene a jelenlegi fogyasztás/terhelés mértékét, mégpedig az eltartó-képesség feltételezett szintje alá. Ezt minél hamarabb, lehetőleg még ma

meg kellene tenni, de a világban végbemenő folyamatokat tekintve ez teljesen irreális. A józan megfontolás azt mondaná, hogy fokozatosan csökkentjük az erőforrás-fogyasztás/ terhelés mértékét, pl. húsz éves távlaton. A kérdés persze, hogy van-e erre elegendő időnk, van-e még húsz, akárhány év haladékunk. Ti., ha átléptük az eltartó-képességet, akkor annak csökkenése miatt, a kitűzött időben nagyobb mérvű csökkentést kellene végrehajtani, mint az azonnali csökkentési szükség.

Jó lenne belátni, hogy az energiafelhasználás csökkentésének nincs alternatívája!

### Irodalom

- Adatok hazánk környezeti állapotáról (KvVM, 2004)
- A bioetanolnak szüksége van biotechnológiára. Zöld Biotechnológia, 2006/9.
- A Bizottság Közleménye: A biomasszával kapcsolatos cselekvési terv. COM(2005)628
- European Commission: Green Paper for a Community Strategy: Energy for the Future: Renewable Sources of Energy COM(96)576
- European Commission: Energy for the Future: Renewable Sources of Energy, White Paper for a Community Strategy and Action Plan Com(97)599 final (26/11/1997)
- Gergely K. - Varró L. (2004): Megújuló energiaforrások Magyarországon – gazdaságossági vizsgálat. ÖKO XII. 1-2.
- Gonczi A. - Kazai Zs. - Körös G. (2005): Új utak a mezőgazdaságban. Energia Klub
- Grasselli G. - Szendrei J. (2006): Fás szárú energetikai ültetvények és hasznosításuk. Östermelő. 3.
- Háttér tanulmány a Nemzeti Fejlesztési Terv II. Környezeti Operatív Programjának környezetbarát energetikai beruházások prioritásaihoz (Megújuló Energia Ipari Társaság, 2006)
- INFORSE Europe response to Review of EU biofuels directive (Public consultation exercise, 2006)
- Janowszky, J.; Janovszky Zs. (2006): A szarvasi-1 energiafű fajta – egy új növénye a mezőgazdaságnak és iparnak. Östermelő. 3.
- Környezet és Energia Operatív Program. KvVM, társadalmi vitaanyag 2006.
- Lukács J. (2006): A mezőgazdaságban termelhető alternatív energiaforrások. Östermelő. 3.
- Papp S - Kümmel R.(2005): Környezeti Kémia. Veszprémi Egyetemi Kiadó.
- Schmitz, N.; Henke, J. (2005): Innovation in the Production of Bioethanol and their Implications for Energy and Greenhouse Gas Balances.
- Szabó I. M. (1986): Az általános talajtan biológiai alapjai. Mezőgazdasági Kiadó.
- [www.forestpress.hu](http://www.forestpress.hu)
- [www.greeninfo.hu](http://www.greeninfo.hu)
- [www.genet-info.org](http://www.genet-info.org)
- [www.biogas.hu](http://www.biogas.hu)
- [www.biogaz-forum.hu](http://www.biogaz-forum.hu)
- [www.zoldtech.hu](http://www.zoldtech.hu)
- [www.omgk.hu](http://www.omgk.hu)
- [www.kekenergia.hu](http://www.kekenergia.hu)
- [www.foek.hu](http://www.foek.hu)
- [www.mgmt.hu](http://www.mgmt.hu)
- [www.cast-science.org](http://www.cast-science.org)
- [www.technologyreview.com](http://www.technologyreview.com)
- [www.indymedia.hu](http://www.indymedia.hu)

**Karajz Sándor**

### **Egy sajátos környezet-gazdaságtani modell**

#### **Bevezetés**

A szakirodalomban előforduló hagyományos elméletek, amelyek a szennyezési és allokációs problémák magyarázatára és megoldására irányulnak, túlnyomó része a neoklasszikus közgazdaságtan metodológiáját követi. Ismeretes, hogy a neoklasszikus közgazdaságtani megközelítés a 19. század vége felé alakult ki, és alapvető sajátossága szemben a klasszikus irányzattal a matematikai formalizáltság. A neoklasszikus közgazdaságtan követői a klasszikus fizikára támaszkodva, elvont elméleteket alkottak a gazdasági jelenségek magyarázatára. Ezek feltételezései szerint a gazdasági alany olyan haszon- és nyereségmaximalizáló individuumként cselekszik, aki a gazdasági folyamatokról tökéletesen informált. A gazdasági tevékenységek egyedüli koordinációs intézménye a fekete dobozként viselkedő piac, amely „súrlódásmentesen”, pótlólagos (tranzakciós) költségek nélkül működik.

A közgazdászok által ma gyakran emlegetett és sürgetett paradigmaváltás természetesen a környezet-gazdaságtant is érinti. Bár a paradigmaváltás szükségességének megfogalmazása merész tett, egy új paradigma létrehozása, elfogadtatása és elterjesztése igen nehéz feladat.

Először is a környezeti problémák összetettsége, gazdasági, szociális, kulturális és más vonatkozásai miatt, az új közgazdasági illetve környezetgazdasági paradigma megszületéséhez új dialektikus szemléletmódra, úgynevezett transzdiszciplináris elemzésre van szükség. A transzdiszciplináris elemzés olyan párbeszédet jelent a különböző tudományágak között, melynek alapja a módszertani pluralizmus. Lényegében ennek a folyamatnak a része a közgazdaságtan és a biológia közötti kapcsolatok kialakulása.

A biológiai és a gazdasági evolúció párhuzamba állításával lehetőség nyílik arra, hogy a gazdaságban lezajló dinamikus, tehát időben változó folyamatok leírásához segítségül hívjuk a genetikai algoritmusokat. A biológiai és gazdasági folyamatok analógiakeresésének első lépése a két diszciplínában felmerülő fogalmak párhuzamba állítása, és az analógizálhatóság fokának meghatározása volt. Ez alapján megállapítottuk, hogy a legtöbb biológiai fogalom átültethető gazdasági, társadalmi környezetbe, ami a sikeres modellezés alapfeltétele.

A közgazdasági szakirodalomban az 1990-es évektől kezdve jelentek meg olyan publikációk, amelyek a gazdasági folyamatok leírásában a genetikai algoritmusok alkalmazását, és alkalmasságát tesztelték, kutatták (Arifovic 1998, Dawid 1997, Brenner 1998, Birchenhall 1997, Lawrenz 1999, Riechmann 1999).

A tanulmány alapvető céljának megfelelően - ami egy környezeti szempontból érzékeny<sup>1</sup> vállalat, illetve vállalatcsoport környezetorientált működésének hatékony modellezése – szükséges a vállalat, illetve a vállalatok piacát befolyásoló tényezők meghatározása és elemzése. Meg kell ismernünk azt a külső és belső kapcsolatrendszer, amely a környezetreleváns vállalati magatartást meghatározza és behatárolja. Ahhoz, hogy genetikai algoritmust használhassuk az említett vállalat, illetve piac modellezéséhez, konkrétan meg kell neveznünk azokat a speciális tényezőket, amelyek az algoritmus elemeit és operátorait befolyásolják és meghatározzák.

---

<sup>1</sup> Ebben az esetben környezeti szempontból érzékeny vállalat, illetve vállalatcsoport alatt az erősen környezetterhelő termelést folytató vállalatot, illetve vállalatokat értjük.

## A genetikus algoritmusokkal támogatott integrált környezet-gazdaságtani modell

A genetikus algoritmus eredeti formájában egy „gondolkodás” nélküli kereső folyamat. Ezért a gazdasági szereplők döntési és tanulási folyamatainak modellezése esetén vigyázni kell, nehogy hibát kövessünk el. A biológiai evolúció kétségkívül nem identikus a technológiák és stratégiák fejlődésével, evolúciójával. Kérdés, hogy a biológiából „elfigyelt” evolúciós folyamat, ami nem előre meghatározott fejlődési útvonalon halad<sup>1</sup>, alkalmas-e a gazdasági evolúciós folyamatok leírására, ami célzott változásokon<sup>2</sup> alapul. Tisztázni kell, hogy a genetikus algoritmus operátorai és folyamatai a gazdasági rendszerekben, mely tényezőknek felelnek meg.

Vállalatok nem szaporodnak, csak növekednek. Egyedek, amelyek gazdaságilag nem sikeresek „nem hallnak ki rögtön, és nem csökken az esélyük a szaporodásra”. A gazdasági sikereket ennek megfelelően nem szabad biológiai fitnesskritériumok segítségével magyarázni. Értelemszerűen a genetikus algoritmusok közgazdasági területeken nem a biológiai túlélés, hanem a gazdasági „túlélés” és „szaporodás” modelljeként alkalmazhatóak. A „szaporodás” alatt vagy egy szereplő piaci részesedésének növekedését, vagy stratégiájának - mások által történő - átvételét értjük. Ezek alapján az egyed olyan értelmezése is definiálható, amely alatt az első lépésben nem a vállalat, hanem annak piaci részesedése érendő, a másodikban pedig a gyártási tervek, stratégiák, vagy technológiák, amelyek elterjednek illetve továbbfejlődnek.

A környezetorientált piaci modellezés sikeressége alapvetően függ a befolyásoló tényezők pontos és megfelelő súlyú meghatározásától. Ezeket a tényezőket jól behatárolhatjuk, ha megvizsgáljuk a vállalat stakeholdereit, és kiemeljük azokat, amelyek az aktuális kérdésben meghatározó jelentőségűek.

A vállalat viselkedését, amit alapvetően a vállalati menedzsment alakít ki, a következő külső tényezők befolyásolják:

- versenytársak,
- állami beavatkozás, ami a szabályozóeszközökben nyilvánul meg,
- az értékesítési piac szereplői, a fogyasztók,
- a termelési tényezők piaca, vagyis a beszállítók.

A kibocsátott szennyezőanyag mennyiségének modellezéséhez elemeznünk kell a felsorolt mikrokörnyezeti tényezőket. Ugyanis ezek közösen határozzák meg azt, hogy a vállalat milyen érzékenységet mutat környezeti kérdésekben. Valamint vizsgálnunk kell a vállalati környezetmenedzsmentet, amelyben ténylegesen megnyilvánul az említett környezeti érzékenység, vagyis a vállalat magatartása. Ez a magatartás elsősorban a vállalati környezetorientált stratégiákban jelenik meg.

### *A modell felépítése*

A környezetorientált elemzésekre két szinten nyílik lehetőség: vállalati, illetve ágazati szinten. Természetesen mindkét esetben alapvető cél a környezetterhelés mértékének - adott körülmények közötti - hatékony modellezése. A genetikus algoritmusokkal történő modellezésnél a genetikus műveletek (szelekció, rekombináció, mutáció) egy és több vállalatra egyaránt alkalmazhatók.

A vállalati szintű elemzés egypopulációs, a magasabb szinten történő pedig többpopulációs modell felállítását feltételezi. Az egypopulációs modell esetében a genetikus algoritmus egyedeit, az adott pillanatban állandó, de folyamatosan változó mikro- és makrokörnyezet

<sup>1</sup> A biológiai evolúció során alapjában véve a mutáció és a rekombináció véletlenszerűsége okozza az előre meg nem határozott fejlődési útvonalat.

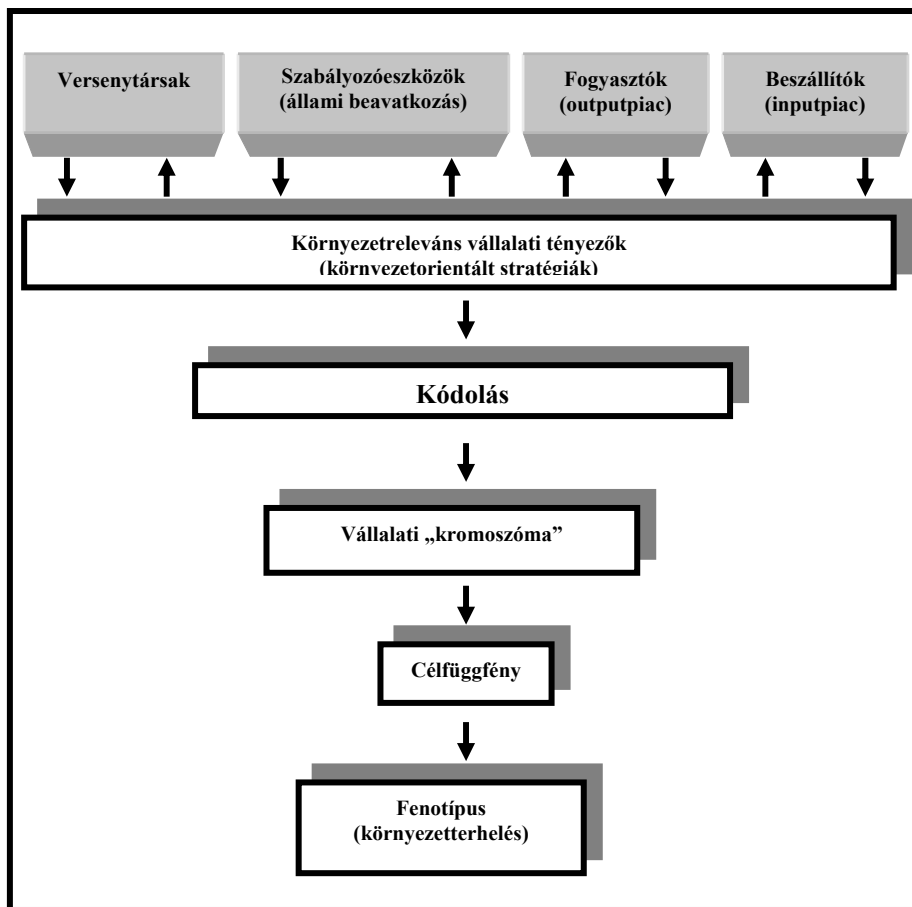
<sup>2</sup> A gazdasági folyamatok során az újítások a legtöbb esetben a bevezetés előtt különböző módszerek segítségével előre teszteltek, „kipróbáltak”.

mellett megvalósítható környezetorientált vállalati magatartási lehetőségek, stratégiák jelentik. A teljes populációt ezek összessége alkotja. A többpopulációs modellben két párhuzamosan futó genetikusan algoritmust kell elképzelnünk. Az elsőben a vállalati szinten alkalmazott algoritmus alapján a vizsgált vállalatoknál egyenként meghatározásra kerülnek a használt környezetorientált stratégiák és a hozzájuk tartozó környezetterhelések. Ezek a stratégiák a magasabb szinten futó algoritmus kiindulási populációját alkotják. Az adott algoritmusnak a segítségével határozható meg az összes vállalat által kibocsátott szennyezés mértéke.

A következő pontban a kiindulási populáció meghatározásának modelljét fogjuk megismerni.

#### ***A kiindulási populáció meghatározása***

A kiindulási populáció meghatározásának alapja az összes releváns vállalati „viselkedésmód” feltérképezése. Ezeknek a körét a vállalati működés belső és külső tényezői határozzák meg. A belső tényezők közé sorolhatjuk többek között a meglévő és potenciális termelési technológiákat, valamint a rendelkezésre álló humán és reáltoke nagyságát. Külső tényezők a már korábban említettek. Az 1. ábra mutatja be ezt a kapcsolatrendszert.



1. ábra: A kiindulási populáció meghatározása

Forrás: Karajz (2003:86)

Azt feltételezzük, hogy a vállalat tudja befolyásolni a környezetét, ezért elfogadott az ábrán vázolt kétirányú kapcsolatrendszer a környezeti tényezők és a vállalat között. Ez alapvetően

befolyásolja a szóba jöhető környezetorientált stratégiák, vagyis az algoritmus egyedeinek körét.<sup>3</sup> A környezetorientált vállalati tényezők meghatározása után a genetikus algoritmus lefuttatásához szükséges a stratégiai elemek formalizálása, más néven kódolása. Ennek végeredményeképpen kialakul az úgynevezett vállalati „kromoszóma”, amely a stratégiaelemeket már, a genetikus algoritmus matematikai módszereihez igazodva, megfelelő formában tartalmazza. A modellezés elején jellemeznünk kell a kiindulási környezetreleváns stratégiákat. Ezt a célfüggvény segítségével végezhetjük el, ami a mi esetünkben a stratégiához hozzárendeli a környezetterhelés mértékét, a genetikus algoritmus terminológiájával élve, meghatározza a genotípus fenotípusát. Ezek után végezhetjük el ténylegesen a genetikus folyamatokra épülő algoritmusokat.

#### ***A környezetreleváns vállalati stratégiák***

A modellünkben meghatározott külső tényezők bemutatása után rátérhetünk arra, ezek hatására milyen formában jelenik meg a környezetorientált vállalati magatartás. Abból indulunk ki, hogy a környezetterhelést, -szennyezést alapvetően az éppen aktuális termelési technológia határozza meg. *Modellünk pontosságát* alapvetően meghatározza a technológia összetételének teljeskörű feltérképezése és használata. A vállalati viselkedés (technológiahasználat) alapvetően a vállalati stratégiában tükröződik. Ezért fontos az alapvető bázisstratégiák meghatározása és megismerése.

A környezetorientált bázisstratégiák behatárolásához a különböző csoportosítási jegyeket kell először meghatározni, amelyek alapján a bázisstratégiák osztályozhatók. A legfontosabb jegyek a következők (Meffert 1992:141):

- ökoorientált alkalmazkodási intenzitás,
- a környezeti stratégiák cselekvési síkjá, iránya,
- a stratégiafejlesztés és a stratégiai intézkedések végrehajtásának időpontja,
- a stratégiafejlesztés fajtája,
- a stratégia érvényesítésének formája.

Ha megpróbáljuk az ismertetett stratégiai ismérvek integrált vizsgálatának segítségével a bázisstratégiák aránylag széles választékát meghatározni, akkor a következő környezetorientált alapstratégiákat különböztethetjük meg (Meffert 1992:145-147):

- ellenálló stratégia,
- passzív stratégia,
- visszahúzó stratégia,
- alkalmazkodó stratégia,
- innovációs stratégia.

Az ellenálló stratégiák az ökoorientált alkalmazkodási intenzitás szerint passzívak, mialatt a társadalmi és piaci környezetvédelmi követelményekkel szembeállnak az egyensúly megtartása érdekében. Rendszerint az ellenálló stratégiák gyakorlati reakciók az éppen kifejezett környezetvédelmi követelményekre, például polgári kezdeményezésekre. Egy szigorító környezetvédelmi törvénnyel szemben akkor lehetnek hatékonyak, ha azelőtt kerülnek bevezetésre, amikor a konkrét környezeti törvények változtatása várható, hogy ezáltal a megkövetelt környezetvédelmi normák alacsonyabb szintjét elérhessék.

Általában védekezésre használják, mint „politikai stratégiát” a társadalmi környezetvédelmi igények ellen, kollektíven más érintett vállalatokkal együtt. Rendszerint az ellenálló stratégiák

<sup>3</sup> A mai modern gazdaságban a társadalmi polgári kezdeményezések, érdekvédelmi, környezetvédő szervezetek egyre nagyobb nyomást gyakorolnak a környezetet erősen terhelő vállalatok környezetvédelmi tevékenységére, ami a választott stratégiájukat is befolyásolja.

olyan ökológiai célok elérésére szolgálnak, amelyek a környezetterhelés csökkentése és elkerülése ellen irányulnak, ezért hosszú távon a vállalat társadalmi legitimitását veszélyeztetik.

Az ellenálló stratégiákkal szemben a passzivitás lényegében „nem-magatartás”, amely a környezeti problémák figyelmen kívül hagyásával jellemezhető. Az aktív ellenálló stratégiával szemben a vállalat legitimitását nem veszélyezteti annyira, mivel a társadalmi környezet számára, az ökológiai követelések ellen nem nyíltan lép fel. A vállalat a stratégiai alternatívák keretében nem lát megfelelő alkalmazkodási lehetőséget a meglévő környezeti problémához, ezért inkább megpróbálja magát kivonni az erősödő környezetvédelmi igények alól.

A visszahúzó, mint üzemi szintű stratégia értelmezhető. Például a vállalat a környezetterhelő vállalati funkciókat (gyártás, újrahasonosítás) külföldre helyezi át, ezáltal éri el a környezeti előírások által megengedett szennyezési szintet. Valójában nem történik környezetterhelés-csökkentés, csupán területi áthelyezése valósul meg. A környezetvédelmi csoportok erősödő nemzetközi fellépése az ilyen stratégiát folytató vállalat legitimitását veszélyezteti.

Az ökoorientált alkalmazkodó stratégia esetében a törvényi előírásokkal kapcsolatos vállalati reakciók környezetvédelmi követelményeket is figyelembe vesznek. Mindazonáltal csupán eleget tesznek a környezetvédelmi követeléseknek anélkül, hogy a környezetvédelem esélyeit innovatív módon segítenék. A külső kényszerből adódó alkalmazkodás az aktuális környezeti probléma megoldására az egyes vállalati területeken mindenkor izoláltan és reaktív módon valósul meg. Az alkalmazkodó stratégia lehet egyéni vállalati stratégia, de akár egy egész ágazat magatartását is jellemezheti.

Ezzel ellentétben az innovációs bázisstratégia magába foglalja, hogy a vállalat a társadalmi és piaci környezetvédelmi követelésektől függetlenül, behatárolja az ökológiai problémákat és egy minden vállalati területre kiterjedő innovatív stratégiát alkalmaz.

#### **A kódolás**

A modellben a következő fontos lépés a különböző típusú és mértékegységű stratégiai és technológiai tényezők egységesítése, vagyis a kódolás. A genetikus algoritmusok alapvető tulajdonsága, hogy a populáció egyedeinek tulajdonságait, illetve kromoszómáit általában bináris módon, bináris vektorokban tárolják<sup>4</sup>. A hagyományos jelöléssel egy vektort, vagyis kromoszómát a következőképpen adjuk meg:  $x = \langle x_1, x_2, \dots, x_n \rangle$ . Általában a kromoszóma egyedülálló elemét nevezzük génnek, de előfordul, hogy adott hosszúságú kromoszómához szükséges egy adott tulajdonság kódolására. Például az  $x = \langle 1, 0, 1, 1, 0, 0, 1 \rangle$  egy kromoszóma, ahol a második, az ötödik és a hatodik gén alléja (értéke) 0, a többinek 1, egy másik kromoszóma  $y = \langle \langle 0, 1, 1 \rangle, 0 \rangle$  két génből áll. Az első gén alléja  $\langle 0, 1, 1 \rangle$ , a másiké 0.

A kódolás két típusát használják: a hagyományos és a Gray-kódolást. A kódolásnál figyelembe kell venni a különböző mértékegységek szinkronba hozatalát. Ha az elemzésünkhöz, illetve a cél- vagy/és fitnessfüggvényünkhöz csak egy adott tényező megléte, vagy nemléte szükséges inputként, akkor egyszerűen az igen/nem, vagyis bináris kódolásban a 1/0 szükséges. Ha viszont egy kvantitatív értéket kell kódolnunk, akkor választhatjuk a hagyományos, vagy a Gray-kódot.

A bináris kódolásnak természetesen vannak előnyei és hátrányai. Előnye, hogy a mai adatfeldolgozó eszközök általában ezt támogatják, valamint nagyszámú populációk esetében az egyedek jellemzői tömör, egységes formában dolgozhatók fel. Hátránya, hogy a kódolt tényezők súlya függ a kromoszómában elfoglalt pozíciótól (a kód elején álló pozíciók súlya nagyobb, mint a hátrébb találhatóké).

---

<sup>4</sup> A bináris kódokon kívül egyszerűen használhatunk egész számokat, lebegőpontos számokat, vagy többdimenziós kromoszómát is.

A hagyományos bináris kódolás egyes hátrányait kiküszöbölni próbáló speciális kódolási módszer az említett Gray-kódolás.

A kódok összehasonlítására a Hamming-eltérést (D) használjuk. Ez a mérőszám azt mutatja meg, hány számjegyet kell invertálnunk ahhoz, hogy az egyik bináris kódból megkapjuk a másikat. Láthatjuk az ábrából, hogy ez az érték a Gray-kód esetén egyenletes, viszont a hagyományos bináris kód esetén lépésről lépésre változik. Nézzünk meg egy egyszerű példát:

Legyen a decimálszám=105, a kódolás után a 4. helyen mutáció:

hagyományos bináris kód: 1101001 $\Rightarrow$ 1100001 (visszakódolva = 97, eltérés 8);

Gray-kód: 1011101 $\Rightarrow$ 1010101 (visszakódolva = 102, eltérés 3).

Láthatjuk, hogy a mutáció a Gray-kód esetén kisebb eltéréshez vezetett. Meg kell jegyeznünk, hogy ez az esetek nagyrésztében valóban így adódik, de van olyan decimálszám, amelynél a Gray-kód esetén nagyobb az eltérés.

A két kódolás közötti különbség közgazdasági jelentősége alapvetően a mutáció miatt válik lényegessé. A Gray-kód esetén egy mutáció általában kisebb jelentőséggel bír, mint a hagyományos kódolás esetén. Ez azt jelenti, hogy a véletlenszerű mutáció (például mások stratégiájának hibás imitálása, vagy nem tökéletes informáltság) esetén kisebb a torzítás, viszont irányított mutáció (tudatos technológiaváltás) esetén lehet, hogy nem hozza meg a várt eredményt. Előnye és hátránya is lehet a Gray-kódolásnak. A legpontosabban akkor működik a kódolás, ha tényezőnként választjuk meg a módszert. Általában, de ebből kifolyólag is fontos a génhatárok pontos ismerete, behatárolása. Pontos tudnunk kell egy adott gén (egy tényezőért felelős bitsoport) pozícióját, mert ellenkező esetben a célfüggvénybe való behelyettesítésénél teljesen rossz végeredményhez jutunk.

Ha az összes lehetséges stratégiavariációt bekódoltuk, akkor megkapjuk a lehetséges vállalati stratégiák kódolt formáit, a kromoszómákat, melyek már egységesen szelektálhatók, rekombinálhatók és mutálhatók.

#### *A célfüggvény*

A kiindulási populáció meghatározásának következő lépésénél a lehetséges stratégiavariációkat értékeljük, vagyis, megvizsgáljuk, mekkora szennyezést jelentenek a különböző stratégiai lehetőségek. Ezt a célfüggvény segítségével tehetjük meg. Modellünkben a célfüggvény az összetett környezetreleváns vállalati stratégiaelemek alapján meghatároz egy szennyezési szintet, amely a genetikus algoritmusok terminológiáját használva a genotípus fenotípusát jelenti.

A modellben szükséges a cél- és a fitnessfüggvény különválasztása, mert a genetikus algoritmusok esetében különbséget tehetünk, illetve kell tennünk, az egyed szaporodási esélye és sikeressége között. A genetikus algoritmusok célfüggvénye adott egyed sikerességét méri az optimalizálandó cél tekintetében, míg a fitnessfüggvény az egyed szaporodási esélyeit értékeli.<sup>5</sup> Az egyszerű genetikus algoritmus modellekben általában a két tényezőt azonosnak tekintik, vagy azt feltételezik, hogy egy kromoszóma sikeressége és szaporodási esélye között egyenes arányosság van. Azonban az optimalizálási feladattól is függ, hogy valóban az optimumnak leginkább megfelelő egyednek van-e a legnagyobb esélye a replikációra is. Az, hogy milyen alakú a genetikus algoritmus cél és fitnessfüggvénye, teljesen a megoldandó problémától függ, tehát természetesen nem létezik általános szabály, amely azt előre meghatározná.

Biztosan hibáznánk, ha a mi szituációnkban azt feltételeznénk a modellezni kívánt vállalatról, hogy egyedüli, alapvető célja, a környezetterhelés csökkentése. Ezt elméletileg csak

<sup>5</sup> Modellünkben a célunk - amit a célfüggvénynek reprezentálnia kell - a környezetterhelés meghatározása, illetve csökkentése. A vállalat mozgatórugója azonban az összetett vállalati célrendszer, amit a fitnessfüggvény reprezentál.

akkor fogadhatnánk el egyedüli célként, ha a vállalati célrendszer többi eleme alapvetően nem szenvedne hátrányt emiatt. Konkrétan, ha a versenyképesség, hosszútávú nyereségmaximalizálás, termelékenység, stb. nem csorbulna, vagyis ezek állandósága mellett tudnánk a szennyezés mértékét csökkenteni. Ez a külső körülmények változása nélkül ritkán képzelhető el. Természetesen ez a feltétel nagymértékben behatárolná a szóba jöhető stratégiák körét is. Magát a szennyezést több stratégiai tényező is befolyásolja, ezért az egyetlen célt megfogalmazó függvényünk több tényezőt (a stratégia aktuális elemeit) kell, hogy inputként kezeljen.

Összefoglalva tehát, elmondható, hogy a releváns modellben meg kell különböztetni a cél- és fitnessfüggvényt. Ennek oka, hogy a valóságban a vállalat nem egy domináns cél alapján hozza döntéseit, hanem egy összetett célrendszerrel rendelkezik. Továbbá a vállalattal – a piacon és piacon kívül - kapcsolatban állók a környezetterhelés csökkentését általában automatikusan nem honorálják, aminek következtében a vállalati célrendszerben a környezetvédelem nem foglal el központi helyet. Ezért szétválnak a vállalati stratégia – célfüggvény alapján meghatározott - sikeressége és életképessége.

### ***Az alapmodell kiválasztása***

A genetikus folyamatok futtatása előtt – alapvetően a kiválasztás és a szelekció miatt - el kell döntenünk, melyik genetikus algoritmus modellt választjuk. Tehát meg kell határoznunk, hogy egy szelekciós lépéssel az összes szülőt lecseréljük új utóddal (kanonikus genetikus algoritmus), vagy csak néhányat (steady-state genetikus algoritmus). A döntést az aktuális optimalizálási probléma megismerése alapján tudjuk meghozni. Természetesen mindkét módszernek megvan az előnye és hátránya:

- Ha az összes szülőt kicseréljük, potenciálisan bekövetkezhet, hogy a populáció legjobb egyede elvész. Viszont ez a típusú algoritmus sohasem kerül abba a helyzetbe, hogy csak néhány jó egyed koncentrálódik a populációban (csökken a populáció diverzitása), ezáltal leszűkül az optimalizálási szempontból átvizsgálható tér, vagyis a rendszer egy lokális optimumban marad, és képtelen belőle elmozdulni.
- Ha nem történik meg a szülők teljes körű cseréje, akkor éppen fordítva alakulhat a helyzet. A populáció erősen konvergál az optimumhoz, mivel egynéhány egyed sokkal sikeresebb a többinél, és így az esetlegesen jobb állapotot sohasem éri el a populáció. Ellenben a legjobb egyed nem vész el, így a populáció átlagos minősége nem csökken.

A steady-state genetikus algoritmus esetében a generációváltás egyszerűbb, mert csak néhány egyed – általában az alacsony fitnessértékekkel rendelkezők – cserélődnek, ami természetesen azt az előnyt rejti magában, hogy a sikeres egyedek (jó megoldások) tendenciálisan hosszabb ideig a populációban maradnak. Ez a cserefolyamat hasonlóan zajlik, mint a kanonikus genetikus algoritmusnál: az utódok létrehozásához véletlenszerűen kiválasztásra kerül szülőnek két egyed a populációból. Ezután másolat készül róluk, majd ezek rekombinálódnak. Majd sor kerül a mutációra és az újonnan kialakult egyedek a célfüggvény segítségével értékelésre kerülnek. Amennyiben két azonos értékű egyed keletkezik, akkor az egyiket elimináljuk a populációból. Ezt a speciális szelekciós folyamatot addig ismétljük meg, ameddig  $q$  mennyiségű utódot nem alkottunk. Ekkor  $q$  mennyiségű korábbi egyedet – a legtöbbet az alacsony fitnessértékűek közül – lecserélünk új egyedekkel (Álmos és mtsai 2002:101).

A steady-state genetikus algoritmus esetén nagyobb lehet a mutáció és a rekombináció aránya, mivel éppen az előbb említett generációváltó stratégia által a sikeres egyedek védve vannak a populációban. Ezáltal az algoritmus erőteljesebben optimalizáló jelleggel rendelkezik. A steady-state genetikus algoritmus nem alkalmas viszont olyan optimalizálási problémák megoldásánál, ahol sztochasztikus módon kerülnek kiértékelésre az egyedek, mert fennáll a

veszélye annak, hogy a rosszabb egyedek - éppen a sztochasztikus befolyás miatt - az értékeléskor véletlenszerűen relatívan magas fitnessértékeket kapnak. Ezek a tulajdonképpen „rossz” egyedek, a szelekciós stratégia miatt, jogtalanul, hosszabb ideig a populációban maradnak.

A kanonikus genetikus algoritmust modellünkben akkor érdemes használni, ha a szennyezés nagymértékben nem veszélyes és célunk a lassú, de hosszútávú szennyezéscsökkentés. Ellenkező esetben, ha a modellezett vállalat veszélyes hulladékot termel, amit gyorsan és nagymértékben szeretnénk csökkenteni, akkor a steady-state genetikus algoritmust érdemes használnunk. Az is fontos kérdés lehet a modellünkben, ha a második variációt választjuk, hogy hány darab szülői kromoszómát szüntessünk meg (legrosszabb  $n$  darab törlése). A darabszámot az előbb említett célok határozzák meg. Minél veszélyesebb és több hulladék keletkezik, annál kevesebb kromoszómát kell eliminálnunk.

A genetikus algoritmusok, így modellünk sikeréhez is fontos, hogy a populáció egyedeit sokáig jellemezze a diverzitás, ami a rekombináció, és a változó viszonyokhoz való alkalmazkodás hatékonyságát nagymértékben meghatározza. Ezt a heterogenitást, változatosságot a genetikus algoritmus technikák is támogatják, méghozzá úgy, hogy a természetes ökológiai rendszerekben megtalálható, az együttélési kapcsolatokból származó genetikai eltéréseket különböző eljárásokkal fenntartják.

Az úgynevezett crowding-operátor alapötlete az, hogy egy egyedet mindig a hozzá leginkább hasonlóval helyettesítjük. Ezzel a technikával meg lehet akadályozni, hogy a populáció túl homogénné váljon. Az algoritmus folyamata a következő: minden egyed a replikációra kijelölt állományba kerül, ahonnan véletlenszerűen kiválasztunk két szülőt. Ezután következik a már megismert hagyományos rekombináció és mutáció, majd az utódok fitnessértéke kerül meghatározásra. Minden szülő a hozzá leginkább hasonlító utódjával képez egy párt, és a pár azon tagja kerül a következő populációba, amelynek nagyobb a fitnessértéke. Ennek a módszernek fontos kérdése a hasonlóság mérése. A hasonlóságot a genotípus és a fenotípus szerint is megállapíthatjuk.<sup>6</sup>

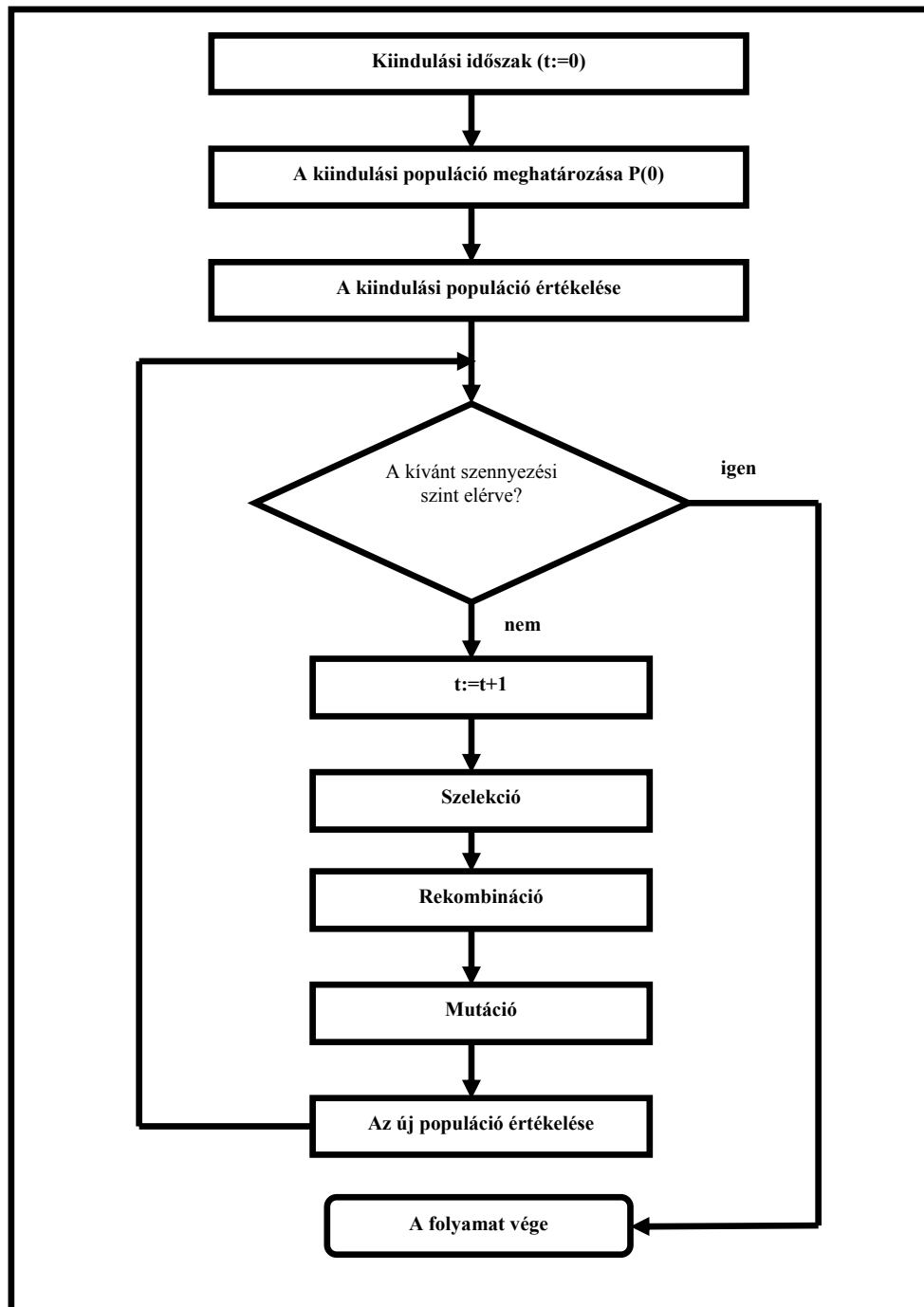
### Genetikus műveletek a modellben

A 2. ábrán láthatjuk az elképzelt genetikus algoritmus modellt. Alapjában véve a modell a már megismert operátorok (szelekció, rekombináció, mutáció) alapján működik.

Korábban bemutattuk a kiindulási populáció meghatározásának lépéseit. Az algoritmus célja – adott körülmények között – a vállalat szennyezésének minimalizálása. A szennyezés mértékét generációról generációra (új stratégiai lehetőség megjelenése esetén) meg kell határozni a célfüggvény segítségével. (Ezt a lépést a folyamatábrán a kiindulási populáció értékelése jelenti.) Ha az elvárt szennyezési szintet nem értük el, akkor következnek a genetikus műveletek.

Az új generáció egyedei a genetikus algoritmus folyamata során alakulnak ki. Első lépés a szelekció, ahol a stratégiák a rátermettségük alapján kerülnek kiválasztásra. A stratégiák (egyedek) „fennmaradásának” esélyét a rátermettségük mértéke határozza. Ez a rátermettség a fitnessfüggvény segítségével határozható meg.

<sup>6</sup> A genotípusok közötti mérésre a Hamming-féle eltérés alkalmas, a fenotípusok hasonlóságának összehasonlítására pedig a jól ismert euklidészi távolság a megfelelő.



2. ábra: A környezetorientált piaci modellezés genetikus algoritmus segítségével  
Forrás: Karajz (2003:104)

A fitnessfüggvény meghatározásakor az összetett vállalati célrendszer összes elemét figyelembe kell venni. A kiválasztott stratégiák képezik az új variációk alapját. Az új stratégiák a rekombináció folyamán keletkeznek. Ezután a véletlenszerű, vagy tudatos mutáció során (korábban említettük, hogy mindkettő előfordulhat a vállalati működésben) kialakulnak a végleges stratégiavariációk. A valóság-hű modellezéshez célszerű ezeket a variációkat megvizsgálni abból a szempontból, hogy az adott körülmények között valóban reálisak, vagyis megvalósíthatóak. Elképzelhető, hogy a rekombináció és a mutáció során kialakulnak olyan stratégiai lehetőségek, amelyek irreálisak, ezeket eliminálni kell a további folyamatból.

Majd következik újra a stratégiák értékelése a célfüggvény segítségével. Ha a kívánt szennyezési szintet elértük, akkor vége a folyamatnak, ellenkező esetben folytatódik az iteráció addig, ameddig rendszerünk meg nem felel a megszakítási feltételnek.

A hatékony modellalkotás alapfeltétele, hogy részletesen megismerjük a szelekció, rekombináció és mutáció folyamatait, fajtáit. A lehetséges algoritmustípusokból ki kell választani azokat, amelyek a modell sajátosságait figyelembe véve a legalkalmasabbak.

*Nissen (1997)* és *Schöneburg (1994)* segítségével ismerkedünk meg a folyamatokkal, valamint a különböző funkciókkal és tényezőkkel. Tanulmányozzuk, hogy a korábban megismert egyszerű algoritmusok mellett milyen egyéb variációk léteznek, valamint megvizsgáljuk, hogyan lehet a modellt mellékfeltételekkel kiegészíteni, illetve többváltozós fitnessfüggvény használatával értelmezni.

### ***A fitnessfüggvény***

Mint korábban meghatároztuk - a vállalati célrendszerben a környezetvédelmi célok alárendelt szerepe miatt - nekünk is külön kell választani és külön, egymástól függetlenül kell meghatározni a cél- és fitnessfüggvényt. Modellünk célja a szennyezési szint meghatározása, ezért - mint korábban láttuk - a célfüggvény a megvalósítható stratégiákhoz rendeli hozzá a kibocsátott szennyező anyagok mennyiségét. A megvalósítható vállalati stratégiák sikeressége nem csak a környezetbarát jellegtől függ, sőt általában ez a jelleg nem dominál a stratégiák preferálásakor. A stratégiaválasztást, úgy, mint a vállalati döntések egyik elemét, egy többtényezős vállalati célrendszer határozza meg. Ennek ismeretében modellünkben a stratégiák túlélési esélyét reprezentáló fitnessfüggvény(ek) megalkotásánál az előbb említetteket kell figyelembe venni.

A fitnessfüggvény a modellben megjelenő vállalati stratégiák, termelési technológiák életképességét reprezentálja a vállalati célrendszer tényezői alapján. A fitnessfüggvény, esetleg függvények megalkotására több lehetőség nyílik. Mivel gyakran a többszörös céllal rendelkező döntési problémák egyértelmű optimális megoldását nem tudjuk meghatározni, ezért néha szükséges a hatékony megoldások meghatározott halmazát kiszámítani, illetve behatárolni. Hatékony megoldásnak tekintjük ebben az esetben a paretoi optimális megoldást. A többcélú optimálási eljárások alapvetően négy csoportba sorolhatók.

Az aggregációs eljárás esetén, az egyedekre vonatkozóan, a különböző célfüggvények megoldásának értékeit egy közös célfüggvény értékbe –esetleg a célok fontossága alapján súlyozva - aggregáljuk. Ekkor már az optimálási probléma egyfunkciós problémának tekinthető, és általában egyetlen megoldást kapunk, és nem a különböző célfüggvényeknek megfelelő paretoi optimális megoldások halmazát kapjuk.

A változó célok elve alapján, vagyis ha több különböző fitnesskritérium van, abban az esetben a szelekciót annyi lépésre bontjuk, ahány számú kritérium van. Minden egyes lépésben kiválasztunk a populációból egy ugyanakkora számú csoportot a replikációra kijelölt állományba, amelyek az adott fitnesskritérium szerint jó eredményekkel rendelkeznek. Ezáltal azok az egyedek, amelyek több célnak is jól megfelelnek, nagyobb eséllyel szaporodnak. Ezután a kijelölt állományon végrehajtható a szelekció, a rekombináció és a mutáció.

A hasonlóságon alapuló technikák esetében két egyedet véletlenszerűen kiválasztunk a populációból és a populáció egy szintén véletlenszerűen kiválasztott részhalmazával összehasonlítjuk. Ha az egyik egyed dominál (nagyobb a fitnessértéke) a részhalmazzal szemben, akkor az reprodukálható; ha mindkettő illetve egyik sem dominál, akkor egy speciális, úgynevezett sharing-operátor segítségével kerül az egyik kiválasztásra: az az egyed, amely „családjában” (a hozzá hasonló egyedek körében) kevesebb egyed található, az kerül a kettő közül reprodukcióra.

A Pareto- bázisú optimalás a rangbázisú szelekcióra épül. A kevésbé domináns egyedek a legmagasabb rangszámot kapják és a lépésekben nem vesznek részt. A megmaradt részpopulációban megismételjük ezt a lépést mindaddig, amíg minden egyed kap egy rangszámot. Az azonos számmal rendelkező egyedek esélye a szelekcióra megegyezik. A többcélú genetikai algoritmusok több paretoi optimumot adnak megoldásként, amelyek közül a sok befolyásoló tényező miatt, nehéz a legjobb kiválasztása.

Modellünkben a fitnessfüggvény meghatározásához a következő lehetőség nyílik: az összetett vállalati célrendszer elemeit a fontossági sorrendjük alapján súlyozva, elkészítünk egy aggregált fitnessfüggvényt. A fontossági sorrendet korábbi empirikus kutatások eredményeiből, vagy elméleti síkon tudjuk meghatározni. Használhatunk százalékosan meghatározott, vagy rangsúlyokat, de az előbbi pontosabbnak érezhetjük, mert statisztikai valószínűségeen alapul. Az aggregált fitnessfüggvényben a környezetvédelem általában kisebb súllyal szerepel, ezért ebben az esetben is szükség van környezetorientált mellékfeltételek meghatározására. A fitnessérték, vagyis egy stratégiai variáció további használatának esélye, ezért közvetlenül nem függ össze a stratégia környezetbarát jellegének erősségével, a vállalat által jobban preferált célokkal áll inkább arányban. A fitnessfüggvény meghatározásakor támaszkodhatunk a hagyományos közgazdaságtanból megismert bevétel-, költség- és profitfüggvényekre, de azok kibővítése szükséges a modell magyarázóerejének növelése érdekében.

### **Szelekció**

A modellben szelekció alatt azt a választási folyamatot értjük, amely a környezetorientált vállalati stratégiák közül - a vállalati külső és belső tényezők által meghatározott feltételekhez történő megfelelés alapján - kiválasztja a további alkalmazásra alkalmasakat. A feltételek által meghatározott jósági függvény, a fitnessfüggvény az, amely megadja az adott stratégia esélyét a szelekcióra, vagyis a későbbi felhasználásra. A stratégiák értékelése a relatív fitnessérték alapján történik.

A szelekció folyamata szelektációs és kiválasztási algoritmusra osztható fel. A szelektációs algoritmus hozzárendel minden egyedhez egy replikációs valószínűségi értéket. Ez alapján meghatározhatunk egy összértéket:  $E(I) = n \cdot p_s(I)$ , ahol  $n$  a populáció egyedszáma és  $p_s(I)$  az érintett egyed szelektációs valószínűsége.  $E(I)$  megadja az egyedek tervezett másolási számát az úgynevezett replikációra kijelölt állományban. A tervezett szó arra utal, hogy a tényleges másolási szám a kiválasztási algoritmus során kerül meghatározásra.

### **Szelektációs algoritmusok**

Általánosan használt szelektációs algoritmus a fitnessarányos szelekció, ahol a  $p_s(I)$  közvetlenül arányos a mindenkori kromoszóma fitnessértékével:

$$p_s = \frac{\Phi(I_j)}{\sum_{j=1}^n \Phi(I_j)}, \text{ ahol } \Phi \text{ a fitnessérték, } I_j \text{ a } j\text{-edik egyed.}$$

Az említett módszer alternatívája a rang- és a versenybázisú szelekció. Azért alakultak ki ezek az alternatív módszerek, mivel a fitnessarányos szelekció viszonylag alacsony szelektációs

nyomással<sup>7</sup> rendelkezik. Minél nagyobb a szelekciós nyomás, annál erősebben konvergál a populáció az optimumhoz, illetve annál gyorsabban ér el egy lokális optimumot. A szelekciós nyomást a generációk azon számával jellemezzük, amely ahhoz szükséges, hogy egy adott szelekciós algoritmussal egy olyan populációt generáljunk, amely  $x-1$  számú másolatot tartalmaz a legjobb egyedből (természetesen  $x$  a populáció nagysága).

A rangbázisú szelekció esetén nincs közvetlen kapcsolat a szelekciós valószínűség és a fitnessérték között. Ehelyett a populáció egyedeit a fitnessérték szerint rangsoroljuk és ez alapján kapnak egy sorszámot. Innentől kezdve a szelekciós valószínűség a rangszámmal arányos.

A versenybázisú szelekciós módszer a szelekciós és a kiválasztási algoritmust közösnek tekinti. Itt mindig  $z$  számú ( $2 \leq z \leq x$ ) egyedet választunk ki a populációból azonos szelekciós valószínűség mellett, ezeknek a fitnessértékét összehasonlítjuk és a legjobbkat másoljuk a replikációra kijelölt állományba. Ezt a lépést  $n$ -szer megismételjük. A  $z$  tényezőt keresztül tudjuk a szelekciós nyomást közvetlenül szabályozni: minél nagyobb  $z$  értéke, annál nagyobb a szelekciós nyomás. A versenybázisú szelekciós eljárás mindenesetre magában hordozza azt a veszélyt, hogy extrém esetben  $n$  számú azonos egyedet választunk ki a replikációra kijelölt állományba.

#### *Kiválasztási algoritmusok*

A legáltalánosabban elterjedt kiválasztási algoritmus az úgynevezett rulett-módszer. Úgy képzelhetjük el ezt a módszert, mint egy szerencsekereket, amely  $n$  számú részre van felosztva. A szelekció szélessége egyenesen arányos a hozzátartozó egyed szelekciós valószínűségével. A kereket  $n$ -szer megforgatjuk és kiválasztjuk a szülőket a következő generációhoz. Természetesen egy egyednek annál nagyobb az esélye a többszöri kiválasztásra, minél nagyobb a fitnessértéke. Itt is, mint a versenybázisú szelekciós eljárásnál, fennáll annak a veszélye, hogy az összes kiválasztott egyed azonos lesz. Ennél az eljárásnál aránylag magas a tervezett és a tényleges kiválasztás közötti eltérés, mégis ez a legelterjedtebb eljárás.

Az említett eltérés sokkal kisebb a sztochasztikus mintavételnél. Szemléltetesképpen ismét egy szerencsekerekből indulunk ki, mint a rulett-módszernél. Itt is arányos a szelekció szélessége a szelekciós valószínűséggel. Azonban ebben az esetben a kerék köré  $n$  számú mutatót helyezünk el ( $n$  az egyedszám). A kereket csak egyszer forgatjuk meg, és az adott egyedet annyiszor választjuk ki a rekombinációra, ahány mutató az adott egyedre mutat. Ez az eljárás kizárja, hogy csak egy egyed kerüljön be a kijelölt állományba.

A genetikus algoritmus modellek egy része, a korábban említett módon különválasztja a szelekciós és kiválasztási folyamatokat. A szelekciós folyamatok alapja – függetlenül a különböző típusoktól – a fitnessérték. Az előbbi pontban leszögeztük, hogy a fitnessfüggvény nem áll kapcsolatban a környezetterheléssel. Ebből arra következtethetünk, hogy a szelekciós folyamat során nem élveznek előnyt – tehát nem nagyobb az esélyük a szelekcióra – azok a variációk, amelyek környezetbarátabbak. Ez negatív hatással van a modellünk elvárt működésére. Két lehetőségünk van ebben az esetben:

- Külső beavatkozással megváltoztatjuk az extern tényezőket (erősebb és szigorúbb állami beavatkozás, beszállított nyersanyagok milyensége, stb.) annak érdekében, hogy a populáció genetikai diverzitása megváltozzon. Ezzel elérhetjük a rendszer elmozdulását az optimum irányába.
- Belülről szabályozva, diszkriminatív módon növeljük a környezetbarát variációk szelekciós valószínűségét. Ezzel modellünk magyarázóereje ugyan csökken, de meg

<sup>7</sup> Szelekciós nyomás alatt azt a folyamatot értjük, amely során a fenotípusra ható szelekció, az örökletességet feltételezve, közvetett úton a genotípusokra is kifejti hatását, és végső soron megváltoztatja egy tulajdonság eloszlási görbéjét a populációban (Vogel, Angermann 1992:499).

tudjuk határozni a minimális környezetterhelés potenciális nagyságát, viszonyítási állapot biztosítva a tényleges (lokális) és a globális optimum összehasonlítására.

Korábban két kiválasztási algoritmust ismertünk meg, amely a szelekcióra kijelölt állományból kiválasztja a ténylegesen fennmaradó variációkat. Számunkra fontos, hogy megmaradjon a variációk sokszínűsége, diverzitása, mivel a gyorsan és gyakran változó gazdasági körülményekhez egy ilyen rendszer jobban tud alkalmazkodni. Környezeti szempontból is ez az állandóan változó gazdasági, társadalmi, jogi környezet jellemzi a gazdaságot. Gondoljunk csak a változó jogi előírásokra, a társadalmi érdekvédelmi csoportok növekvő nyomására, valamint a korszerűsödő alapanyagokra és termelési technológiákra.

Ezek alapján a sztochasztikus mintavétel az elterjedtebb rulett-módszernél jobban igazodik a modellünkbe, mert ott kizárt, hogy egy variáció nagyon sokszor, akár egyedülként jelenjen meg a kiválasztott állományban, ezáltal is biztosítva a rendszer diverzitását.

### **Rekombináció**

Talán a genetikus algoritmusok legfontosabb lépése a rekombináció. A rekombináció operátora meghatározza azt a módszert, amellyel egy új egyed két vagy több régi kromoszómából, vagyis a szülők kromoszómaiból, képződhet. A szülők a replikációra kijelölt állományból kerülnek kiválasztásra. A rekombináció esetünkben a lehetséges környezetrelevans stratégiák elemeinek kombinálását, összehangolását jelenti, azzal a céllal, hogy így egy új, az elvárásoknak jobban megfelelő stratégia kerüljön bevezetésre.

A kétszülős rekombinációból indulunk ki, a többszülős rekombináció ugyanis sokkal kisebb jelentőséggel bír. Azt, hogy két szülő között ténylegesen kialakul-e rekombináció, a rekombinációs valószínűségi mutató ( $p_c$ ) határozza meg. Ha ez az érték például 0,6, akkor ez azt jelenti, hogy valószínűbb a rekombináció bekövetkezése, mint sem. A gyakorlatban kiválasztunk egy véletlenszerű számot 0 és 1 között, és összehasonlítjuk a rekombinációs valószínűséggel. Ha a kiválasztott szám nagyobb, mint  $p_c$ , akkor megtörténik a rekombináció, ellenkező esetben a szülői kromoszómák változtatás nélkül a következő evolúciós lépésbe, a mutációs folyamatba kerülnek. Ezt a logikai menetet az összes rekombinációtípus követi, eltérés magában a rekombinációban van.

#### *Egypontos rekombináció*

E típus alapján először is kiválasztunk egy rekombinációs pontot 1 és  $L-1$  között ( $L$  a kromoszóma hossza), így meghatározzuk azt a pontot - két gén határvonalát -, amelytől az egyik szülő esetén a jobbra eső gének az első, a balra eső gének a második utódba kerülnek, a másik szülő esetén pedig éppen fordítva történik a gének elosztása.

#### *N-pontos rekombináció*

Az  $n$ -pontos rekombináció az elvét tekintve pontosan úgy zajlik le mint az egypontos rekombináció, azzal a kivétellel, hogy egy kiválasztott pont helyett  $n$  pontot választunk ki a kromoszómatoréshez.

#### *Uniform rekombináció*

Az uniform rekombináció folyamán minden egyes gén esetén vizsgáljuk, hogy az kicserélésre kerül-e vagy sem. A döntés a következőképpen történik: adott egy előre meghatározott érték  $p_{ux}$ , és az egyes génekre jellemző  $U_z$  (ahol  $z=1,2,\dots,L$ ) érték. Ha  $p_{ux} > U_z$ , akkor a gén kicserélésre kerül, ellenkező esetben nem.

#### *Génkevert rekombináció*

A génkevert rekombináció az egy-, illetve  $n$ -pontos rekombináció továbbfejlesztett változata. Ebben az esetben az említett rekombinációs folyamatok további két lépéssel (keverés, visszakeverés) bővülnek. Első lépésként a megszámozott géneket összekeverjük, majd

következik a már megismert egy-, illetve n-pontos rekombináció. Az utolsó lépés a gének sorrendjének visszaállítása.

#### *Diagonális rekombináció*

A diagonális rekombináció szintén az n-pontos rekombináció továbbfejlesztett változata. Azonban az eltérés most más szempontból történik a korábban megismert eljárásokhoz képest: Ebben az esetben a rekombináció csak több mint, két szülő esetében működhet. A diagonális módszer -sajátossága miatt -  $i$  darab szülőből  $i$  mennyiségű utódot hoz létre. Ebből a szempontból ez a variáció nem a biológiai analógiát követi, mivel a természetben kevés példa található az ilyen szaporodásra. A folyamat első lépése, hogy az  $i$  számú szülői és a még „üres” utód kromoszómán kiválasztunk  $i-1$  számú töréspontot. Ezután az alábbiak szerint „feltöltjük” az utód kromoszómákat: az első utód az első üres szakaszban az első szülői kromoszómaszakaszt öröklí, a másodikban a második szülő második szakaszát, a harmadikban pedig a harmadik szülő harmadik szakaszát, majd a folyamat a leirtaknak megfelelően folytatódik a második utóddal, stb.

A genetikus algoritmusok legfontosabb és ezért legszélesebb spektrumát a különböző rekombinációs eljárások nyújtják. A mi szempontunkból is a legfontosabb lépés, mert e folyamaton keresztül határozódik meg az új környezeti stratégiai variációk milyensége, vagyis, hogy milyen új elképzelések és ötletek valósulhatnak meg. A mi modellünkben a választásnál arra kell figyelemmel lenni, hogy az irányítottság, a biológiai rekombinációval ellentétben, bizonyos szintig megmaradjon a modellünkben.

Ennek a feltételnek leginkább az uniform rekombináció felel meg, ahol minden egyes bit külön kerül felülvizsgálatra, és ezután döntünk, hogy a kiválasztott variációk tagjai kicserélésre kerülnek, vagy sem. Arra vigyázni kell a cserénél, hogy ne a legkisebb kromoszómaegységet, a biteket vegyük alapul, hanem a géneket (melyek egy stratégiai egységet jelentenek), mert különben a mutációhoz hasonló folyamat történik, amely kevésbé irányított, és végeredménye kevésbé kiszámítható.

#### **Mutáció**

A biológiai genetikus folyamatok gazdasági megfeleltetésekor a mutációt vagy a stratégiaelemek „szándékos” variációjaként, vagy a saját vagy a másolt stratégiákban elkövetett hibaként definiáltuk. Ebből következően, modellünkben mutáció alatt a környezetorientált vállalati stratégia elemének/elemeinek előre tervezett megváltoztatását, vagy a stratégia végrehajtásánál fellépő, előre nem tervezett változtatásokat, változásokat értjük. A szándékolt változtatást kiválthatja a hirtelen megváltozott külső és belső mikro- és makrokörnyezet hatására kialakult állapot, ami a környezetvédelem, mint vállalati cél, jelentőségének megváltozásához vezet. Ekkor, a vállalat, például a rendelkezésre álló idő szűkössége miatt, nem képes teljes stratégiájának átalakítására, csak egy, esetleg néhány elemének megváltoztatására (csövégi technológia bevezetése, modernebb termelési eljárás). A nem szándékos módosulás az információáramlás és más vállalati folyamatok tökéletlenségéből, illetve más vállalati stratégiájának nem pontos imitálásából adódik.

A mutáció szerepe a genetikus algoritmusokban első pillantásra nem tűnik jelentősnek. Ugyanis az egyes bitek mutációs valószínűsége ( $p_m$ ) alacsony, általában 0,01 és 0,001 között változik. Ennek ellenére - a biológiai evolúció folyamatát is megismerve - jelentőségét nem szabad elhanyagolni. Alacsony mutációs valószínűségi érték és relatív hosszú kromoszóma esetén a mutáció lényegében alig változtatja meg a kromoszóma értékét. Általában a mutációs valószínűség génenként azonos, eltekintve a hagyományos bináris kód esetétől, ahol a pozíciófüggő kódértékek ellensúlyozása érdekében eltérő az egyes gének mutációs valószínűségi értéke.

A mutáció jelentősége abban rejlik, hogy egyrészt megakadályozza a populáció túl korai

konvergenciáját egy lokális optimumhoz, másrészt pedig növeli a populáció inhomogén jellegét. Ezáltal bizonyos mértékig a korábban már megismert szelekciós nyomás ellen hat. Természetesen a mutáció pozitív hatása, hogy a stratégiavariációk sokszínűségének fennmaradását elősegíti, és ezzel hozzájárul a globális optimumpont esetleges eléréséhez.

A mutáció jelentőségét, tehát a modellben nem szabad elhanyagolni. Magát a mutációt szándékos, vagy véletlenszerű folyamatnak egyaránt tekinthetjük. Természetesen nem mindig pozitív irányú a mutáció hatása, tehát nem feltétlenül nő az adott kromoszóma értéke a célfüggvény tekintetében, vagyis a környezetterhelés mértéke nem feltétlenül csökken a mutáció hatására. Ezt a véletlenszerű folyamatot - a gazdasági folyamatok irányított mivolta miatt – ha szükséges kontrolálni és szabályozni kell.

#### ***A genetikus algoritmus megszakításának feltétele***

A genetikus algoritmus folyamatának megszakítására több lehetőség is van:

Előre meghatározott lépésszám (generációváltás) után azt kell megvizsgálnunk, hogy a kiindulási populációhoz (stratégiavariációk) képest mennyit javult a populáció. Konkrét esetünkben ez azt jelenti, hogy van-e olyan stratégia, amellyel alacsonyabb szennyezési szintet érhetünk el. Ha igen, akkor meg kell vizsgálnunk, hogy a meghatározott feltételek mellett (persze csak akkor, ha ezt lépésenként nem ellenőriztük) a kapott stratégia kivitelezhető-e, vagy sem. Ha nem, akkor a kiindulási feltételek (szelekciós, mutációs valószínűségi érték, vagy a kiindulási populációt bővítő külső tényezők) ésszerű megváltoztatásával újra futtatjuk a modellt. A bizonyos számú lépés után a folyamatot megszakító eljárást akkor érdemes használnunk, ha valamilyen időbeli korlát, a szennyezés nagysága vagy milyensége sürgeti a vállalatot környezetbarát stratégia bevezetésére.

Egy előre meghatározott szennyezési határérték elérése esetén: Természetesen az optimális állapot az lenne, ha a szennyezés értéke nulla lenne, ez azonban csak elméletileg lehetséges. Ezért kell a határérték meghatározása úgy, hogy az az előírásoknak és elvárásoknak megfeleljen. Az is lehetséges, hogy nem alakul ki olyan stratégiageneráció, amely tartalmaz ilyen stratégiát. Ebben az esetben az előző pontban meghatározott módon kell eljárni. Ezt az eljárást, ellentétben az előzővel, akkor használhatjuk, ha számunkra a szennyezés csökkentés nem annyira sürgető, így esetleg az előbbinél alacsonyabb szennyezési érték is elérhető.

Az algoritmus leállítása függhet a populáció vagy a legjobb egyedének konvergenciájától is. A konvergenciát többféleképpen lehet definiálni. A bináris kromoszómák esetén például egy gén konvergál, ha az egész populációban az adott gén értéke például 95%-ban azonos; egy populáció konvergál, ha minden gén konvergál. Egy másik megoldás, ha a jelenlegi populáció átlagos, maximális fitnessértékét valamely régebbi populációéval hasonlítja össze az algoritmus.

**Irodalom**

- Arifovic, J. (1999): Inflationary deficit financing in an Open Economy: Evolutionary Dynamics. Santa Fe Working Paper 99-05-038E.
- Birchenhall, C. (1995): Modular Technical Change and Genetic Algorithms. In: Computational Economics, 8, 233-253. o.
- Birchenhall, C., Kastrinos, N., Metcalfe, S. (1997): Genetic algorithms in evolutionary modelling. In: Evolutionary Economics 7: 375-393. o.
- Brenner, T. (1998): Can evolutionary algorithms describe learning processes? In: Journal of Evolutionary Economics, 8/1998, 271-283. o.
- Dawid, H., Kopel, M. (1998): On economic applications of the genetic algorithm: a model of the cobweb type. In: Journal of Evolutionary Economics, 8/1998, 297-315. o.
- Karajz S. (2003): A közgazdaságtan biológiai megközelítése, környezet-gazdaságtani alkalmazásokkal. PhD értekezés, Miskolc.
- Lawrenz, C. (1999): Rationale Erwartungen als Ergebnis eines evolutionären Prozesses? Lernen mit genetischen Algorithmen. Jena: Arbeitspapier für den 4. Doktoranden- und Habilitanden-Workshop „Evolutorische Ökonomik“ in Buchenbach, 12.-15.05.1999. Max-Planck-Institut zur Erforschung von Wirtschaftssystemen.
- Nissen, V. (1997): Einführung in Evolutionäre Algorithmen. Braunschweig: Vieweg Verlag.
- Riechmann, T. (1999): Learning and behavioral stability: An economic interpretation of genetic algorithms. In: Journal of Evolutionary Economics, 9/1999, 225-242. o.
- Schöneburg, E., Heinzmann, F., Feddersen, S. (1994): Genetische Algorithmen und Evolutionsstrategien. Bonn: Addison-Wesley.

# Ténykép

Seresné Hartai Éva – Földessy János – Zelenka Tibor

## A Telkibányai nemesfémbányászat környezeti hatásainak vizsgálata

### Bevezetés

Telkibánya Magyarország egyik legjelentősebb egykori bányavárosa. Fontos középkori ipari műemlékünk, amely korábban semmiféle védelmet nem kapott, sem kiterjedését, sem állapotát nem ismertük pontosan. A Miskolci Egyetem Földtan-Teleptani Tanszéke a Kassai Műszaki Egyetem Geológiai és Ásványtani Tanszékével együttműködésben, 2005-ben egy PHARE CBC projekt keretében Telkibánya környékén végzett kutatásokat. A projekt kidolgozása során megtörtént a terület természeti, környezeti állapotának felmérése, a középkori bányászati létesítmények leltára és állapotellenőrzése, az oktatási, ismeretterjesztési és turisztikai hasznosítás lehetőségeinek feltárása, és projektterv készült ezek tényleges megvalósítására. Az alábbiakban az egykori bányászat környezeti hatásainak vizsgálatával kapcsolatos eredményeket ismertetjük.

### Telkibánya környékének földtani viszonyai

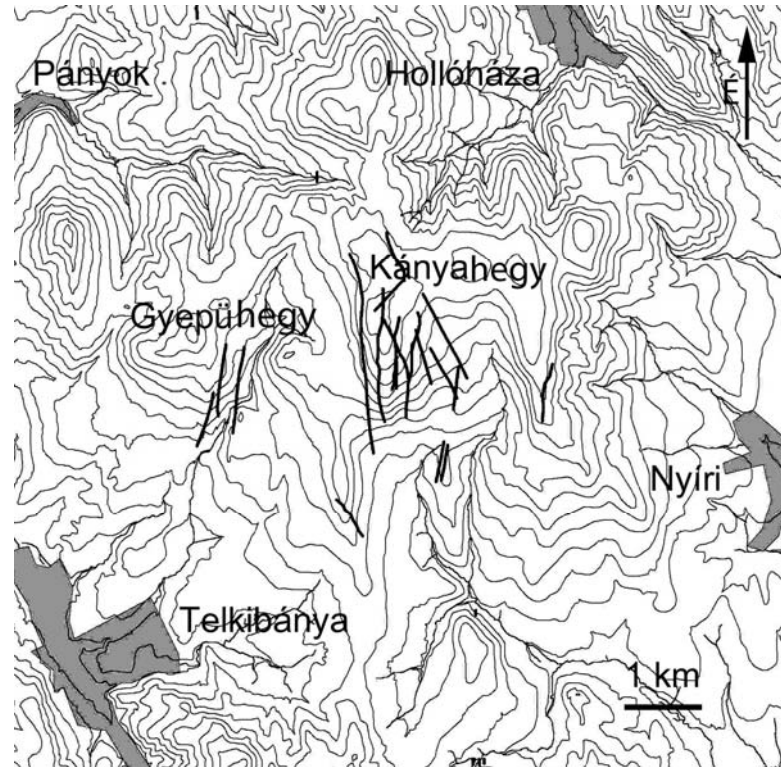
Telkibánya és környéke földtani jellemzők alapján a Tokaji (Zempléni) - Szalánczi hegység miocén vulkáni ívének részét képezi.

A legidősebb alaphegységi képződmények Telkibányánál még mélyfúrásból sem ismertek. A Füzérkajata 2. fúrás 1064 m-ben viszont elérte az alaphegységet, mely gömöri típusú felsőkarbon korú kőszénnyomos, törmelékes-karbonátos üledékekből állt; ettől K-re Vilyvitány és Felsőregmec területén ópaleozóos, gyengén metamorf, csillámpala-gneisz sorozat van a felszínen, Ny felé Hidasnémeti irányában ez a sorozat lépcsős lezökkenésekkel 1500 m mélység alá süllyed. A Telkibánya környékén végzett magnetotellurikus mérések szerint 1400 m körüli mélységben várható az alaphegység.

A terület nagy negatív Bouguer gravitációs anomáliája arra utal, hogy az alaphegység felett vastag laza vulkáni üledékes képződmények találhatók. A hegység K-i részén néhány alaphegységet elért mélyfúrás (Rudabányácska 2, Széphalom 1, Füzérkajata 2, Sárospatak 8) adatai szerint a bádeni vulkáni- üledékes kőzetek diszkordánsan települnek az erősen összetört, eltérő felépítésű mezozóos és paleozóos kőzetekből álló erodált alaphegység felszínre. A mélyfúrások és a felszíni feltárások alapján a bádeni korú faunás agyagos üledékek tufitokkal és riolit piroklasztit árákkal váltakoznak 3-400 m vastagságban.

A miocén szigettengeri vulkanizmus központja a hegység északi részén Telkibánya körzetében volt. A szarmata emeletben a szigettengerben egymással váltakozó tengeri agyag, víz alatt képződött andezites hialoklasztitbreccsa, riolittufit, vízbe ömlött riolitártufa és konglomerátum rakódott le. A sorozat központi részén egy közel 8 km átmérőjű, kettős gyűrűs felépítésű andezit rétegvulkán képződött. Ez a rétegvulkáni andezit főleg lávaárakból áll, és erősen propilitesedett. A vulkán kupola részének beszakadásával kaldera jött létre. A kaldera szegélyén andezit és dácit parazita vulkáni kúpok ülnek, belsejében riolit (Pálhegy, Ördögvár) és riódácit (Fehérhegy, Királyhegy) dómok alakultak ki.

A kaldera szerkezet déli részén szubvulkáni andezittek nyomultak be, melyek részben a rétegvulkáni andeziteket, részben a tengeri agyagokat, illetve riolituffákat termikusan kontaktizálták. A szubvulkáni testek erős kálimeszomatózist szenvedtek, ami adular dúsulásával járt. A radioaktív kormeghatározások szerint ez a folyamat kb. 12-12,5 millió évvel ezelőtt történt. Ma a szubvulkáni testek két helyen találhatók felszínen, a nyugati területen a telkibányai Gyepűhegyen és a pányoki Tilalmasnál, míg egy másik test a telkibányai Kányahegyen, Jóhegyen és a nyíri Fehérhegyen. A két szubvulkáni test között a Medvehegyen ép, el nem változott rétegvulkáni andezit található (Zelenka 1994).



1. ábra: A telkibányai érces terület teléreinek helyzete

A kálimeszomatizált szubvulkáni testekben epitermális, alacsony szulfidizációs ércesedés alakult ki. Az ércesedés során közel É-D-i és ÉK-DNy-i csapással 14 db nemesfém-tartalmú (Au, Ag) telér képződött (1. ábra). Ezek a telérek a felszínen kovás-kvarcos, lefelé agyagásványos (illites) és a mélyben karbonátos kitöltésűek. A telérek felső 300 méterében az ércesedés elsősorban hintett terméсарany és ezüst szulfidásványok (argentit, pirargirit, freibergit stb.) formájában található. A mélyebb részeken megjelenik az ólom és cink ércesedés galenit, szfalerit és kalkopirit formájában. Az egyes telérek kilométer hosszúságúak és 40-80 cm vastagok. Ezeket a teléreket művelték a középkortól a XIX. századig egészen a helyi erózióbázis (patakok) szintjéig. A hidrotermális zónák felett foltokban utóvulkáni melegvízű tavak kovaüledékei (kalcedon, opál) találhatóak Hg, As és Sb nyomelemek enyhe dúsulása kíséretében (Molnár 1997). A szarmata-pannon korszak határán (10,5-11 millió év) közel É-D-i csapású ép piroxén közzeltelek képviselik a vulkanizmus befejezését. Pannon üledékek csak a Hernád völgyéből ismertek.

## A telkibányai bányászat

A telkibányai arany- és ezüsbányászat kezdetei a XIV. század elejéig nyúlnak vissza. A bányászat ekkor felszínen zajlott. A bányászok a felszínre kinyúló kvarcteléreket követték, és az érc kitermelésével 6-8 méter mély aknákat alakítottak ki bennük. Ezeknek az aknáknak a beomlott maradványai ma is láthatók a felszínen, néhány méter átmérőjű mélyedések, úgynevezett „horpák” formájában (2. ábra). A bányászat intenzitását jelzi a Kányahegy és Gyepühegy térségében fennmaradt kb. 3000 horpa. Telkibánya Károly Róbert uralkodása idején nyert bányavárosi rangot.

A mélyszinti bányászat a felszínközeli részek kimerülésével a XVI. század elején indult meg. A mélybányászat során tárokat hoztak létre. Napjainkban kb. 80 táro maradványait ismerjük a telkibányai érces területen. A tárok levegőztetését aknák kialakításával oldották meg. Kezdetben mindezt kézi erővel, csákány és véső használatával hozták létre. Az ércet a Veresvízi altárol közelében lévő ércmosóban dúsították. Az őrlő és ércmosó romos maradványai napjainkban is láthatók.



2. ábra: A felszíni bányászat nyomait jelző horpák (mélyedések) a Kányahegyen

A virágzó bányászatot egy bányaszerencsétlenség szakította meg. Valószínűleg egy földrengés következtében a Lipót akna beszakadt, és a Veresvízi altárolban – a korabeli leírások szerint – 360 bányász vesztette életét. A beszakadt Lipót akna helyét ma egy kb. 30 méter átmérőjű süllyedék jelzi.

A bányakatasztrófát követően 200 évig szünetelt a bányászat, majd Mária Terézia uralkodása alatt, a XVIII. században indult meg újra. Ekkor már robbantásos fejtést alkalmaztak, és az ércet selmebányai és körmöcbányai öntödékbe szállították. A bányászat felvirágzásának az vetett véget, hogy a hatalmas mexikói ezüsttelepek felfedezése miatt az ezüst ára jelentősen lecsökkent. Végül, az 1850-es években a bányászatot megszüntették (Benke 2001, Zelenka 1997).

Az 1950-es években a területen ércutatást kezdtek, azzal a céllal, hogy megnyitják a korábbi bányákat. A készletek azonban nem bizonyultak műrevalónak. Ezt követően még több alkalommal indultak ércutatási programok, utoljára 2001-ben, de nem jártak olyan eredménnyel, ami a bányászat újraindítását indokolta volna.

## **A bányászat környezeti hatásai**

### *A felmérés módszere*

A telkibányai bányaterületeken folyó érciktermelés és dúsítás megszakításokkal közel mintegy 600 éven át folyt. Ez idő alatt a területen számos létesítmény keletkezett, üzemelt, majd szűnt meg. Az egykori érciktermelés mennyiségét tekintve nem volt talán jelentős, de az ércek feldolgozása, az őrlés, mosás, foncsorozás mai ismereteink szerint erősen környezetszennyező tevékenység volt. Ugyancsak jelentős szennyező pontforrások lehetnek a felszínen hagyott meddőhányók, nyitott horpák, illetve a bányákból kifolyó vizek.

Az elmúlt 15 év során a területen két jelentős talajgeokémiai mintázási programot hajtottak végre. Az egyik a Magyar Állami Földtani Intézet regionális geokémiai áttekintő mintázása, a másik a kutatási koncessziót nyert RioTinto társaság talajgeokémiai mintavétele és elemzési sorozata volt. Ezen kívül, 1998 és 2001 között a Geokom kft. az angol Kazminco plc-vel közösen folytatott itt nemesfémérc kutatást, mely negatív eredménnyel zárult. A fentiekben említett kutatási adatokat a Miskolci Egyetem Földtan-Teleptani Tanszéke oktatási célra megkapta. A környezeti állapot értékelése részben ezekre az adatokra, részben a projekt során vett újabb minták elemzési adataira támaszkodott.

A vizsgálataink nem terjedtek ki olyan szennyeződésekre, amelyek forrása bizonyosan nem a korábbi bányászat, vagy annak hulladékanyaga (meddője) volt. Így nem vizsgáltuk a szerves eredetű szennyeződések, illetve a mai környezet (pl. közlekedés, egyéb ipari tevékenységek) okozta hatásokat. Nem vizsgáltuk a levegő állapotát sem, mivel a bányászat létesítményei jelenlegi inaktív állapotukban légszennyezést, kiporzást nem okoznak.

Az elemzési adatokat a 10/2000. (VI. 2.) KÖM-EÜM-FVM-KHVM együttes rendeletben (A felszín alatti vizek és a földtani közeg minőségének védelméhez szükséges határértékekről) megadott határokhoz viszonyítva értékeltük.

## **Vízföldtani megfigyelések**

A vízföldtani vizsgálatok során a felszín alatti vizek kifolyásánál, részben az ismert elfolyó bányavizek, részben a természetes források vizéből, a meddőhányók alól elfolyó vizekből, részben pedig a területet elhagyó természetes vízfolyásokból két sorozatban vízmintákat vettünk a vízben oldott nehézfém tartalmak meghatározására. A vizek mintázása során felszíni méréseket és tesztek végztünk, majd a vízminták laboratóriumi elemzésre kerültek. A vízminták vételénél a MÁFI Geokémiai Osztálya által kidolgozott protokollt és eszközöket alkalmaztuk. A mintákat a MÁFI laboratóriuma elemezte OES és ICP-MS spektrometriai módszerekkel.

A felszín alatti vizek esetében feltételeztük, hogy a földalatti nyitott bányüregek, valamint a felszíni meddőhányók, horpabányászattal zavart felszínek hatása kimutatható lesz a felszíni vízfolyások és felszínalatti vizek felszíni kifolyási pontjai mintázásával. A források, bányavizek és patakok vízmintáinak geokémiai elemzése alapján megállapítható, hogy a Cr, Pb, Sn, Ag a kimutatási határérték felett sehol sem jelentkezett a vizekben. A többi elemre a 10/2000.(VI.2.)KÖM-EüM-FVM-KHVM együttes rendeletben a felszín alatti vizekre vonatkozó előírás alapján adtuk a minősítést.

*Vízhozam, pH, aniontartalom*

A terepi mérések és laboratóriumi tesztek eredményei a következőkben összegezhetők:

- A jelenleg vízkifolyással rendelkező tárókból a vízhozam, a hőmérséklet, és a vízzsűrűség időben állandó. Ezekben a régi bányászati létesítmények (aknák, tárók, fejtések) nyitott üregeinek vize csapolódik le. Az üregek feltételezhetően állandó utánpótlást kapnak felszíni beszivárgásból és felszökő vizekből, az állandó vízhozam csak ezzel magyarázható. A kifolyó vizek pH-ja közel semleges, veszélyt jelentő közetsavasodási folyamatra nem utal.
- A régi érces hányókból olyan helyeken, ahol állandó vízkifolyás van (csurgalék víz, feltörő "forrás" víz) az  $\text{SO}_4^{2-}$  tartalom minden esetben magas, mely az egykori pirit oxidációjából származik. Nem jelentős viszont a pH csökkenés, ami a hányóanyag jelentős semlegesítési potenciálját jelzi.
- A források, kutak részben csapadékfüggőek, részben a hegylábi törmelékből, vagy egyenesen a kőzet réseiből kapják a vízutánpótlást. Ezért vízhőmérsékletük, mennyiségük és részben összetételük ingadozik. A riolitos forrásoknál a vizek  $\text{NO}_3^-$  tartalma a többi mellékkőzet forrásaival viszonyítva megemelkedett.
- A terület patakjai a korábbi bányászat területén található forrásokból és a bányászattal nem érintett területek forrásaiból táplálkoznak, melyek az egész vízgyűjtő területen jelentkező vízfolyásokat egyesítik az erózióbázis helyszínén.
- A tárók, hányók és patakok vízének vezetőképesség értéke viszonylag magas, mely azt jelzi, hogy az átlagosnál magasabb az oldott fém tartalmuk.
- A természetes források és vízfolyások vízének pH-ja mellékkőzet függő: az agyagoknál a vizek pH-ja gyengén lúgos; a pirités andeziteknel és riolitoknál a gyenge savas kémhatás észlelhető (5 pH), és itt az  $\text{SO}_4^{2-}$  tartalom a vízkémiában dominál; az oxidált andezitek és riolitok jórészt semleges pH-val jelentkeznek.

A terület legjelentősebb bányavíz fakadása a Ferdinánd altáróból származik. A négy hónapig tartó naponként mérések alapján megállapítható, hogy a kifolyó víz mennyisége és hőmérséklete a levegő-hőmérséklettől és a csapadéktól független, értéke csaknem állandó, a vízhőmérséklet  $16^\circ\text{C}$  és 250 l/p a vízhozam.

*Toxikus nehézfém-tartalom*

A laboratóriumi elemzések egy része arra irányult, hogy a vízminták nehézfém-tartalmát meghatározzuk. A vizsgálati eredményeket a mintavételi helyek típusa alapján 6 csoportba foglalva ismertetjük. Az egyes csoportok mintáiban mért értékek közül a maximális értékeket, és az ezekhez rendelhető veszélyességi kategóriákat a 2. táblázatban tüntettük fel. A kategóriákat a 10/2000.(VI.2.)KÖM-EüM-FVM-KHVM együttes rendelet alapján jelöltük meg.

1. táblázat: A mintákban mért toxikus nehézfém-tartalom és az ennek megfelelő szennyezettségi kategóriák

Elem	Maximális nehézfém-tartalom (mg/kg) és minősítő kategória											
	1. csoport		2. csoport		3. csoport		4. csoport		5. csoport		6. csoport	
As	55	C <sub>3</sub>	16,8	C <sub>1</sub>	4,50	A	4,45	A	169	C <sub>3</sub>	12,1	C <sub>1</sub>
Zn	183	B	238	C <sub>1</sub>	14,8	A	9,12	A	183	B	9,37	A
Cd	0,97	B	0	A	<0,25	A	<0,25	A	0,97	B	<0,25	A
Co	14	B	0	A	<1	A	<1	A	2,86	B	<1	A
Ni	20,7	C <sub>1</sub>	2,55	A	4,86	A	3,56	A	20,7	C <sub>1</sub>	3,15	A
Cu	5,28	A	4,63	A	4,31	A	2,24	A	5,28	A	1,99	A
Mo	0	A	1,36	A	1	A	<1	A	3,75	A	<1	A
Se	0	A	0	A	4,41	B	0	A	0	A	0	A

1. csoport: *bányabeli kifolyó vizek*. A Ferdinánd altáró, a Veresvízi altáró, a Gyepühegyi kaolin-táró és hányóik elfolyó vizeit mintáztuk. Jelentősebb szennyeződés, illetve határérték túllépés csak az As esetében jelentkezik, ezen kívül a Ni koncentrációja éri el a legalacsonyabb intézkedési határértéket.

2. csoport: *rétegvizek*. A rétegvizeket vulkáni és üledékes kőzetek határán fakadó forrásokból mintáztuk (Hollóháza Ady E. és József A. utcai aknák). Ezeket a mintákat annak érdekében vettük, hogy a telkibányai bányászattal biztosan nem érintett, de közzétanilag azonos földtani háttér hidrogeokémiai jellegét megállapíthassuk. Mint a táblázatból kiolvasható, az As és a Zn mennyisége a természetesen fakadó felszín alatti vizekben anomálishan magas. Ez feltehetően az általuk harántolt hidrotermális ércesedési nyomokból származik.

3. csoport: *riolitos területeken fakadó törmelék források*. A mintavételi helyek a Mátyás király kút, Hasdát völgy, Gunyakút forrásai voltak. A vízhozam a csapadék függvényében jelentősen ingadozott. A területen a legnagyobb szennyeződést okozó As megjelenése szorosan az érces területekhez kapcsolódik, az ércesedéshez nem kapcsolódó riolit vulkanitok elterjedési területén fakadó forrásokban mennyisége a háttérkoncentráció körül marad. A mintákban egyedül a Se éri el a szennyezettségi határértéket.

4. csoport: *andezitek és metasomatizált andezitek rétegvíz forrásai*. A reprezentatív mintákat a Medvehegy É-i forrás és a Zsófia forrás vizéből vettük. A mérések szerint az andezites területről származó vizek nehézfém koncentrációi minden esetben a szennyezettségi határérték alattiak.

5. csoport: *hányók elszivárgó vizei*. A következő meddőhányók elszivárgó vizeit mintáztuk: Veresvízi hányó, Királykúti hányó, Hétforrás hányó. Az eredmények szerint csak az As és Ni értékek haladják meg a szennyezettségi határértéket.

6. csoport: *patakok vizei*. A Felső-, Alsó-Veresvízi, Kréta, Ósva-Csöcsvölgyi, Kemence, Gunya, Vörös patakok vizét mintáztuk. Az elfolyó természetes vizekben – valószínűleg a kihígulás következtében – már az arzén is csak gyenge szennyeződést okoz, egyéb elemek esetében a koncentráció a háttérhez közeli.

### **Talajok környezeti állapotának vizsgálata**

A korábbi bányászat hatásai a leglátványosabb módon a terület felszínét, a talajtakarót érintették. A külszíni bányászat során létrejött kiterjedt horpamezők és horpaporok, a földalatti bányák tárószájai, a földalatti műveletekből kitermelt meddő anyagokból képzett meddőhányók, illetve az ércet mosása során meddőnek tekintett anyagok alkotta hányók azok, amelyek a mai térszínen Telkibánya környékén szétszórtan megtalálhatók.

A talajtakaró eredeti nehézfémtartalmára a természetes földtani közeg, azaz a talaj alatti kőzetek nyomelemtartalma van döntő hatással. Bányászati eredetű szennyeződésnek az tekinthető, ami a bányászattal nem érintett környezet földtani-geokémiai háttéréhez képest a bányászati létesítményeken, illetve a lehordási irányba eső közeli környezetükben jelentkezik dúsulásként.

A vízgyűjtő területenkénti átfogó geokémiai értékelést a Tokaji hegység egészére a MÁFI végezte 1986-90 között. A patakhordalék, talaj- és kőzetgeokémiai vizsgálatok Telkibánya térségére Au, Ag, As, Sb, Hg anomáliát mutattak ki, valamint azt hogy az As és Hg meghaladják a szennyezettségi küszöbértéket (Horváth – Fügedi – Ódor – Tungli 1994). A RTZ 1996-99 közötti 200 x 50 m-es hálózatos talajgeokémiai mintázása mintegy 1200 db elemzési adatot tartalmaz. Ezeket az adatokat további értékelés céljára megkaptuk. Ezen kívül saját gyűjtésű, főleg az érces telérek körzetéből származó talajminták nyomelem vizsgálata is elkészült.

Az egyes fontosabb ércstelérek szélesebb kísérőzónájában a potenciális nehézfém szennyező elemek maximális dúsulását a 2. táblázat mutatja. Az értékeket a 10/2000.(VI.2.) KÖM-EÜM-

FVM-KHVM együttes rendelet földtani közeg védelmére vonatkozó szennyezettségi határérték besorolás szerint osztályoztuk.

2. táblázat: Talajgeokémiai anomália maximumok és az ennek megfelelő szennyezettségi kategóriák telérek környezetében

Elem	Maximális nehézfém-tartalom (mg/kg) és minősítő kategória											
	András és János telér		Lobkowitz telér		Jószerecsét telér		Jupiter és Brenner telér		Veresvízi telérek		Zsófia telér	
Ag	20	C <sub>1</sub>	40	C <sub>3</sub>	40	C <sub>3</sub>	40	C <sub>3</sub>	40	C <sub>3</sub>	40	C <sub>3</sub>
As	400	C <sub>3</sub>	>60	C <sub>3</sub>	400	C <sub>3</sub>	400	C <sub>3</sub>	400	C <sub>3</sub>	400	C <sub>3</sub>
Pb	100	B	150	C <sub>1</sub>	500	C <sub>2</sub>	100	B	500	C <sub>2</sub>	100	B
Zn	100	B	500	C <sub>1</sub>	500	C <sub>1</sub>	200	B	1000	C <sub>2</sub>	100	A
Cd	2	C <sub>1</sub>	2	C <sub>1</sub>	10	C <sub>3</sub>	2	C <sub>1</sub>	10	C <sub>3</sub>	1	B
Ag	20	C <sub>1</sub>	40	C <sub>3</sub>	40	C <sub>3</sub>	40	C <sub>3</sub>	40	C <sub>3</sub>	40	C <sub>3</sub>

Az adatok értékeléséből jól követhető, hogy a területen található régi bányaműveletek, a több mint 3000 db horpa, akna, a 85-90 db régi táró hányóanyagai a telérek körzetében nagy mértékben befolyásolják a kialakult felszíni geokémiai anomáliákat. Az is megállapítható, hogy a Cr, Co, Ni 36-150 ppm-es, telérek csapása menti dúsulásai valószínűleg a bázisos piroxénandezit köztelérekekhez kötöttek. A Cu és a Mo anomáliák helyileg egyes bányászati létesítményeknél (akna altáró, táró), meddőhányóknál jelentkezne. Több elemnél a lejtős morfológia miatt a telér kibúvásához viszonyítva 50-100 m-re "lecsúsztak" az anomáliák.

### Összafoglaló környezet – geokémiai értékelés

Telkibánya térségében a középkori és 18-20. századi bányászati műveletek területén a talaj és felszíni - felszínalatti vizek esetében általános, diffúz arzén szennyeződés jelentkezik, ami a szennyező pontforrások (pl. meddőhányók, felszínalatti bányák) kilépő vizeiben jelentős koncentrációt érhet el. Ez az érték azonban egyúttal regionális földtani anomália is, egyúttal a bányásztól független földtani háttér és a terület ércesedésének indikátora. Így mivel nemcsak mesterséges szennyeződésről, hanem megemelkedett földtani természetes háttérről is van szó, itt a szennyezettségi határérték alatti koncentrációt mutató állapot elérése úgy talaj, mint felszínalatti vizek esetében lehetetlen. Az összes többi toxikus nehézfém közül a megemelt Ag tartalom (20-40 ppm) C3 veszélyességi kategóriája a nemesfém ércesedés indikátor eleme, s egyedül az érces zónában jelentkezik. Az ezeket kísérő Pb, Zn, Cd lokálisan a szennyezettségi határértéket eléri.

A Cr, Co, Ni elsősorban a földtani közeg bázisos összetételű közteltesteinek jellemzője. Az egykori érces hányók oxidálódó anyagából származó minták értékei ugyan a magasabb szennyezettségi határértéket is meghaladják, de jelentősebb kiterjedt hatás a területen nem észlelhető. Jelentősebb savasodást – pH csökkenést – a Baglyasi kaolin táró környezetében észleltünk.

A hidrogeokémiai vizsgálatok azt mutatják, hogy a tárókból kifolyó vizek és rétegvizek esetében az arzén tartalom meghaladja a felszínalatti víz minőségi határértékét, de ez csak olyan fokú szennyezettséget jelent, hogy az ivóvízként közvetlenül nem használható. Egyéb toxikus elemek közül a tárók és a rétegvizek, valamint az érces hányók fakadó vizei érnek el magasabb értéket, de az élővizek hidrogeokémiai állapota a magasabb arzén tartalomtól eltekintve megfelelőnek mondható.

**Irodalom**

- Benke I. (2001): Telkibánya bányászatának története. Közlemények a magyarországi ásványi nyersanyagok történetéből, XI. Miskolc-Rudabánya.
- Horváth J. – Fügedi U. - Ódor L. – Tungli Gy. (1994): Telkibánya környékének felszíni geokémiai vizsgálata. *Topographia Mineralogica Hungariae*, vol.II. 133-141.
- Molnár F. (1997): Epitermás aranyércesedések kialakulásának modellezése ásványtani genetikai vizsgálatok alapján: Példák a Tokaji-hegységből. *Földtani Kutatás*, XXXIV. 1.
- Zelenka T. (1994): A telkibányai ércesedés vulkanotektonikus jellemzői, *Topographia Mineralogica Hungariae*, vol.II. 81-87. o.
- Zelenka T. (1997): A nemesfémek kutatásának története a Kárpát-medencében, *Földtani Kutatás*, XXXIV. 4-8. o.

# Műhely

## Hatósági és szakigazgatási feladatok a régió környezeti állapotának megőrzésében és javításában

*Pintér István*

### A hatósági tevékenység fejlődése

A magyar társadalom a XX. sz. második felében, a 70-es években kezdett el komolyan aggódni a környezeti elemek nagyfokú szennyezése miatt. Ez a törvény előkészítés felgyorsulásához vezetett és megszületett az emberi környezet védelméről szóló 1976. évi II. törvény.

A környezetvédelem területei ekkor még különböző hivatalok felelősségi körébe tartoztak. Egyrészt az 1979-ben létre hozott Országos Környezet- és Természetvédelmi Hivatal (OKTH) 7 területi szerve látott el környezet- és természetvédelmi feladatokat. Másrészt az Országos Vízügyi Hivatal (OVH) és területi szervezeteinek is voltak környezetvédelmi feladatai. Bizonyos környezetvédelmi feladatokat a megyei és települési tanácsok is elláttak.

A környezetvédelem egyes szakterületei több évtizedes szakmai múltra tekintenek vissza:

- Az Építési és Városfejlesztési Minisztérium egy 1973-ban hozott kormánydöntés alapján felhatalmazást kapott, hogy hozza létre a levegőtisztaság-védelem jogi alapjait. Megalkották a 11/1973. (IV. 18.) ÉVM rendeletet és az Építésügyi Minőségellenőrző Intézetben (ÉMI) létrehoztak egy levegőtisztaság-védelmi mérőcsoportot az ipari emissziók mérésére.
- 1979-ben létrejött az Országos Környezet- és Természetvédelmi Hivatal (OKTH), a mérőhálózat az ÉMI-ből kivált, és mint az OKTH Levegőtisztaság-védelmi Intézete működött tovább. 1981-ben a tevékenységi terület bővítése után létrehozták a Környezetvédelmi Intézetet. Az OKTH-ban az 56/1981. MT rendelet alapján a veszélyes hulladékgazdálkodás, majd a 12/1983. MT rendelet alapján a zaj- és rezgésvédelem, később pedig a természetvédelemmel kapcsolatos hatósági tevékenység alapjai is lerakásra kerültek.
- A felügyelőség harmadik elődszervezete az Észak-magyarországi Vízügyi Igazgatóság volt. A vízügyi igazgatóságok 1954-ben alakultak. A vízminőségi Felügyeletet a 31/1962. OVF utasítás alapján hozták létre, feladata elsősorban a felszíni vizek vízminőségének vizsgálata, a szennyező források ellenőrzése volt. 1988-ban az OKTH Észak-magyarországi Felügyelősége, a Környezetvédelmi Intézet Miskolci Mérőállomása és az Észak-magyarországi Vízügyi Igazgatóság összevonásával létre jött az ÉKÖVÍZIG. A Vízügyi Igazgatóság Vízvizsgáló Laboratóriumából és az OKTH Levegőtisztaság-védelmi Mérőcsoportjából kialakult egy komplex mérőszolgálat. Két évvel később a környezetvédelem és a vízügy szétválasztását követően ismét két önálló szervezet jött létre.

### A környezetvédelmi hatóság megalakulásától az egységes zöldhatóságig

1990-ben az 1/1990. (XI. 13.) KTM rendelet a vízgyűjtő területekhez rendelt létrehozta az ország területén a 12 környezetvédelmi felügyelőséget, melyek első fokú hatósági jogkört gyakoroltak a helyhez kötött légszennyező források, a vízminőség-védelem, zaj- és rezgés elleni védelem, valamint a veszélyes hulladékok káros hatásai elleni védelem tekintetében.

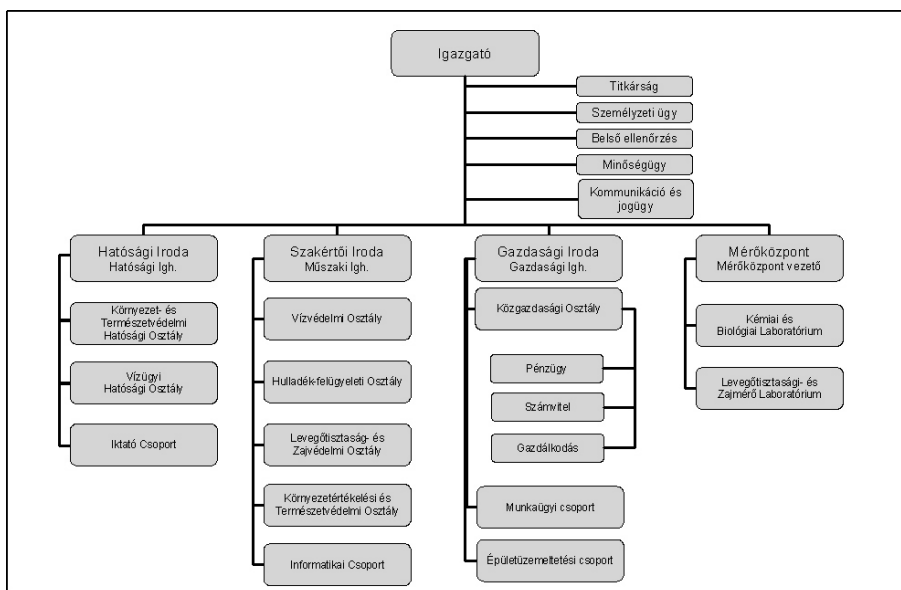
A laboratóriumokkal felszerelt szervezetek feladatát elsősorban a jogszabályok betartásának ellenőrzésében, a környezet állapotának monitorozásában, a regionális információs rendszerek működtetésében, együttműködve más hatóságokkal a környezetvédelmi fejlesztések és beruházások összehangolásában és engedélyezésében határozták meg. Az Észak-magyarországi Környezetvédelmi Felügyelőség működése 3 megyére kiterjedően 461 települési önkormányzat területét érinti.

A 90-es évektől kezdődően számos a környezetvédelemmel kapcsolatos jogszabály lépett életbe, melyek közül a legjelentősebb a környezet védelmének általános szabályairól szóló 1995. évi LIII. törvény, mely átfogó jogi keretet ad és a preventív környezetvédelemre helyezi a hangsúlyt.

2003 végéig befejeződött az EU jogharmonizáció, az uniós környezetvédelmi jogszabályok hazai jogrendbe illesztése. Alig több mint két év alatt a vízvédelmet, levegőtisztaság-védelmet, zajvédelmet, hulladékgazdálkodást érintő jogszabályok egész sorát alkották meg, köztük a hulladékgazdálkodási törvényt és jelentős számú végrehajtási rendeletét.

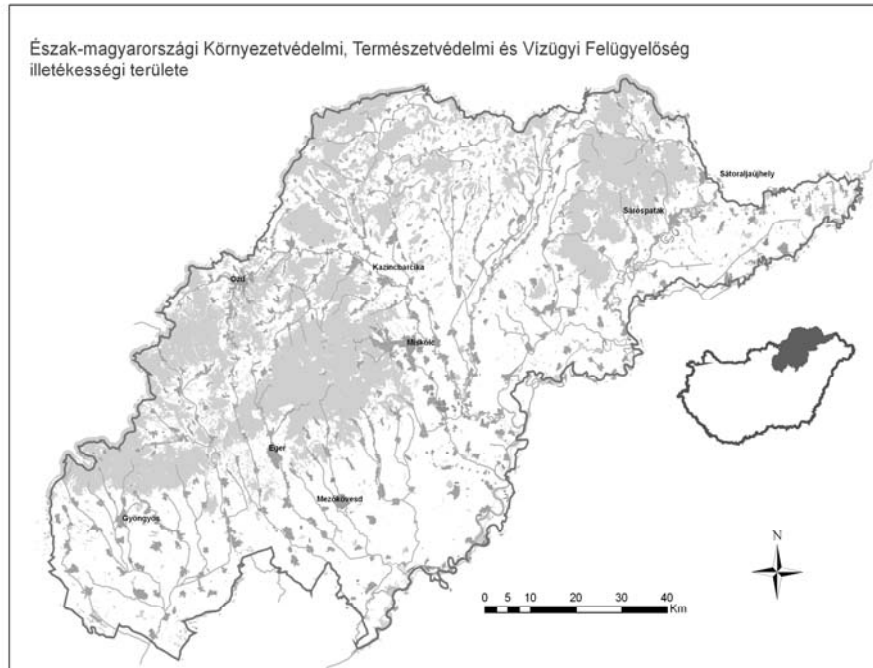
Tárcaszinten 2002-ben megtörtént a környezetvédelem és a vízügy integrációja. Az átszervezési folyamatban 2005. január 1-jével létrehozták az egységes „zöld” hatóságokat, melyek az addig szakterületenként külön-külön tevékenykedő környezetvédelmi, természetvédelmi, valamint vízügyi hatósági feladatokat ellátó szervezeteket váltották fel.

2005. január 1-jével létrejött az Észak-magyarországi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség. A felügyelőség feladat és hatáskörét a 341/2004. (XII. 22.) Korm. rendelet határozza meg, gyakorolja a külön jogszabályban meghatározott elsőfokú környezetvédelmi, természetvédelmi, tájvédelmi és vízügyi hatósági, szakhatósági jogköröket. Hatósági jogkörében eljárva határozatot hoz (engedélyt, kötelezést ad ki, bírságot vet ki, határértéket állapít meg stb.), szakhatósági jogkörében eljárva közreműködik más hatóság eljárásában. Feladatainkat a mellékelt ábrán bemutatott szervezeti keretek között végezzük (1. ábra).



1. ábra: Az Észak-magyarországi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség szervezete

A 29/2004. (XII. 25.) Korm. rendelet határozza meg a felügyelőség illetékességi területét, ennek értelmében az illetékességi terület B.- A.- Z. Megye teljes közigazgatási területére, Heves megye nagy részére, továbbá Jász-Nagykun-Szolnok megyéből 3 településre terjed ki, nagysága cca. 10. 200 m<sup>2</sup> (2. ábra).



2. ábra: Észak-magyarországi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség illetékességi területe

### Vízgazdálkodási, vízminőség-védelemi szakterületi feladatok

A felügyelőség feladata elsődleges hatósági jogkörben a felszíni és a felszín alatti vizek, mennyiségi és minőségi védelme, valamint a földtani közeg minőségi védelme, a védelem érdekében vízkészletekbe való beavatkozás esetén a követelmények meghatározása a vízjogi engedélyezési eljárás minden szakaszában.

A vízjogi engedélyezési tevékenység során a vízimunka elvégzéséhez, illetve a vízilétesítmény megépítéséhez, átalakításához és megszüntetéséhez vízjogi létesítési engedélyt, továbbá annak használatbavételéhez, üzemeltetéséhez, valamint minden vízhasználathoz vízjogi üzemeltetési engedélyt ad ki.

A vízgazdálkodás területén a vízhasználatok és vízilétesítmények ellenőrzését – a vízügyi felügyeleteket - a vízügyi hatóság hivatalból éves ellenőrzési terv, továbbá kérelem, megkeresés, vagy bejelentés (pl. panasz) alapján végzi.

A vízügyi és környezetvédelmi hatáskörök összevonásának egyik eredménye, hogy a vízhasználatok, vízilétesítmények ellenőrzése és a vizek (felszíni és felszín alatti vizek) védelme egy szervezeten belül valósul meg, tehát a mennyiségi és a minőségi védelem szempontjai egységes hatósági eljárás keretében juttathatók érvényre.

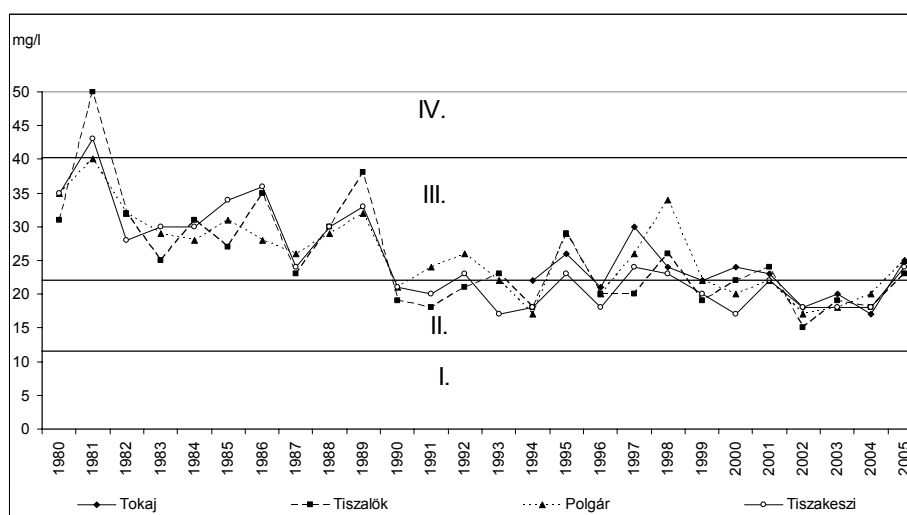
### Felszíni- és felszín alatti vizek minősége

Felügyelőségünk illetékességi területén (2005. áprilisáig) 18 felszíni vízfolyás ellenőrzését végeztük 42 mintavételi szelvényben, heti, kétheti és havi gyakorisággal, továbbá 8 víztározó és bányató vizsgálatát évi 6 alkalommal. Ez több mint 1000 vízminta vizsgálatát, mintegy 30 000 analízist jelent. A mintavételt és vizsgálatokat a Felügyelőség akkreditált laboratóriuma végzi.

A törzshálózati mintavételi rendszer kijelölt vizsgálati pontjai mellett 2005. év tavaszától további 43 helyen került sor mintavételekre a Víz Keretirányelvben meghatározott feladatok megalapozása érdekében. A vizsgálatok célja az ökológiai alapállapot felmérése a kijelölt felszíni víztesteknél.

A vizsgálatok alapján általánosságban elmondható, hogy az elmúlt másfél évtizedben a legtöbb vízfolyás vízminősége javult. Ennek okát a szennyvízkibocsátás csökkenő mértékében és a környezetvédelmet szolgáló (termelési és szennyvíztisztítási) technológiai fejlesztésekben kereshetjük. A Sajó vízminősége – mely évtizedeken keresztül rendkívül szennyezett volt – ma a jellemző komponensek tekintetében a tűrhető értéken belül marad.

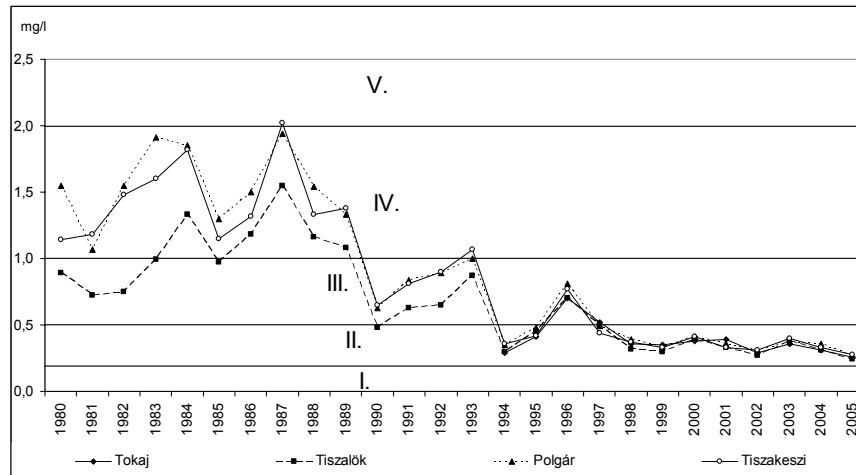
A vízminőség-változást jól mutatja a Tisza folyó, mint az illetékességi területünkön lévő valamennyi vízfolyás befogadójának kémiai oxigén igénnyel ( $KOI_{Cr}$ ) kifejezett szervesanyag tartalmának és ammónium ion ( $NH_4^+$ ) koncentrációjának grafikus ábrázolása 1980- 2005.között (3-4. ábra)



3. ábra: A Tisza  $KOI_{Cr}$  koncentrációjának változása

Az ábrák jól szemléltetik, hogy az ipari üzemek szennyvíztisztítóinak megvalósulásával és a rendszerváltozást követő gazdasági átalakulással a terhelések 1989-től folyamatosan csökkentek.

Észak-Magyarország jelentős talajvíz, rétegvíz, karsztvíz és parti szűrésű vízkészlettel rendelkezik, mely ivó, ipari és mezőgazdasági célokat egyaránt szolgál. A talajvízkészlet minőségéről összességében elmondható, hogy magas nitrát tartalom, sótartalom és keménység jellemzi. A parti szűrésű vízkészlet minősége függ a felszíni vízfolyás mindenkorai minőségétől. A rétegvíz készlet a legkevésbé érzékeny felszíni és felszín közeli szennyezésekre. Minősége jó, vízellátásra kiválóan alkalmas. A karsztvíz készlet minősége, mind az aggteleki, mind a bükki karsztvíz esetében jónak mondható, térségünk ivóvíz ellátásában fontos szerepet játszik. Vízminőségi problémát időszakosan nagy csapadékot követő szennyezőanyag bemosódás okozhat.



4. ábra: A Tisza Ammónium-N koncentrációjának változása

#### ***Felszíni- és felszín alatti vízminőségi célkitűzések***

Az EU Víz Keretirányelv (VKI) új megközelítést, más szemléletet hozott a vízminőség védelemben. Az EU Víz Keretirányelv célkitűzései a felszíni vízkészletek tekintetében már nem egyedül és elsősorban a jó fizikai-kémiai állapot elérése és fenntartása, hanem a vizek jó ökológiai állapotának elérése, illetve az erősen módosított víztestek esetében a jó ökológiai potenciál szintjére jutás 2015-ig.

Ehhez szükséges volt a víztestek kijelölése, mely 2004 végéig megtörtént. 876 természetes, és 150 mesterséges vízfolyás-víztest, 100 természetes és 124 mesterséges tó-víztest került kijelölésre az ország területén. Illetékességi területünkön 131 természetes vízfolyás és 14 tó-víztest került kijelölésre.

A víztestek ökológiai alapállapot-felmérése 2005. évben kezdődött és 2006. év végéig fejeződik be. Az alapállapot felvétel során a fizikai-kémiai vizsgálatok mellett 5 élőlény csoport (halfauna, makrofíton, fitoplankton, makroszkopikus gerinctelenek, fitobentosz) ökológiai állapota is meghatározásra kerül. Ezek alapján fogjuk a víztestek vízminőségének és biológiai állapotának nyomon követésére a felügyeleti monitoring rendszert kialakítani 2007-ben.

Az ökológiai alapállapot felvétel eredményei meghatározóak a kidolgozásra kerülő vízgyűjtő gazdálkodási tervek elkészítésénél.

Az EU Víz Keretirányelv célkitűzései a felszín alatti vízkészletek tekintetében azonosak a felszíni vizekkel. A VKI szerint 2015-re ugyanis el kell érni a jó ökológiai állapotot, vagy az erősen szennyezett módosított víztestek esetében a jó ökológiai potenciált.

A felszíni víztestekhez hasonlóan meghatározásra kerültek a felszín alatti víztestek is. Országos szinten 108 víztest, míg illetékességi területünkön 15 víztest került kijelölésre.

A víztestek állapotértékelésének meghatározására, illetve pontosítására 2006-ban került kialakításra országosan az EU Víz Keretirányelv szerinti felszín alatti vízminőségi monitoring rendszer, mely a korábban is működött monitoring rendszerek részbeni felhasználásával, s a keretirányelv célkitűzéseihez igazodó további új mintavételi helyek kialakításával valósult meg. Ennek keretében illetékességi területünkön 62 kijelölt vizsgálati helyen végezzük a felszín alatti víztestek vízminőségének vizsgálatát.

#### ***Szennyvízelvezetés, tisztítás***

Ma az egyik legsürgetőbb feladat a települési szennyvízcsatornázás, szennyvíztisztítás fejlesztése, különösen a vízvédelmi szempontból érzékeny területeken. Az EU csatlakozási

tárgyalások során 2015-ig átmeneti mentességet (derogációt) kaptunk. Legkésőbb eddig az időpontig a 2000 lakosegyenérték-terhelést meghaladó agglomerációk területén meg kell oldani a települési szennyvizek közműves elvezetését és a szennyvizek biológiai tisztítását. Illetékességi területünkön a közműves ivóvíz-ellátottság 99, 1 %-os, ezzel szemben a közcsatorna hálózatba bekötött lakások aránya nem haladja meg az 50 %-ot.

#### ***Ivóvízminőség javító program***

Az EU követelményeket magában foglaló, az ivóvíz minőségéről és az ellenőrzés rendjéről szóló, 47/2005. (III. 11.) Korm. rendelettel módosított 201/2001. (X. 25.) Korm. rendelet 6. számú melléklete szerint Felügyelőségünk illetékességi területén lévő 461 településből összesen 88 kötelezett ivóvízminőség-javításra, elsősorban a megengedettnél magasabb ammónia, vas, mangán vagy arzén tartalom miatt. 14 településen 2006. december 25-ig, további 74 településen pedig 2009. december 25-ig kell az előírt ivóvízminőség-javítást megvalósítani.

Heves megyében a Nemzeti Fejlesztési Terv keretében közel 1,5 milliárd forintértékű beruházás nyomán 10 település mintegy 20 ezer lakója jut egészségesebb ivóvízhez a jövő év elejétől. Hasonló ivóvízminőség-javító program indult B.-A.-Z. Megyében is, ahol 357-ből 72 településen nem megfelelő minőségű a víz. Most a 293 millió forintos uniós támogatással megvalósuló beruházás végén Harsány, Vatta és Csincse település ivóvize lesz egészségesebb.

#### ***Környezeti kármentesítés***

Illetékességi területünkön, azon belül elsősorban Borsod megyében a múlt örökségként a korábban folytatott ipari tevékenységek átalakulásával jelentős környezeti szennyeződések maradtak vissza. Ózdon és térségében (Borsodnádasd), valamint Miskolcon a kohászati tevékenység, míg Tiszaújváros környékén a zagyatárolók felszámolása tesz szükségessé környezeti kármentesítést, környezeti rehabilitációt. Ezekre és a további felmért területeken a területek rendezése, további fejlesztések számára történő alkalmassá tétele folyamatban van, mint előttünk álló feladat akár milliárdos nagyságrendű költséggel is járhat.

2000. évben hatályba lépett a felszín alatti vizek védelméről szóló kormányrendelet. Ez jogalapot teremtett a helyi talaj és vízszennyezések feltárása, a feltárt szennyezések felszámolására vonatkozó intézkedésekre. Térségünkben évente mintegy 15 területen indul meg hatósági kötelezés alapján a szennyezések feltárása. Jelenleg is 48 területen folynak a kármentesítések. Az elmúlt másfél évtizedben számos kármentesítés fejeződött be, ezek vízminőséget javító lokális hatása területenként már érzékelhető.

#### ***Vízminőségi kárelhárítás***

A felszíni és a felszín alatti vizekre az egyik legnagyobb veszélyt az üzemzavarból, balesetből, gondatlanságból vagy természeti okok következtében kialakuló rendkívüli szennyezések jelentik. Még az utóbbi években is évente átlagosan 6-8 esetben történik rendkívüli vízszennyeződés. Az ezekkel kapcsolatos intézkedés (helyszíni kivizsgálás, vízmintavételezés, laborvizsgálat, minősítés stb.) is jelentős feladatokat ró a Felügyelőségre.

#### **Levegőtisztaság-védelmi szakterületi feladatok**

Az Európai Unió csatlakozásig a levegőtisztaság-védelem jogi szabályozása az 1986-ban kiadott MT rendelet alapján történt.

Az Európai Unió csatlakozás kapcsán sor került a levegőtisztaság-védelmi jogszabályok átdolgozására. A levegő védelmének egyes szabályairól szóló 21/2001 (II. 14) Kormány rendelet megszünteti a korábbi hatáskör megosztást az egyes hatóságok között, egységesen kezeli mind

az emissziót, mind pedig az immissziót. Ezen kívül számos végrehajtásra vonatkozó rendelet került kiadásra, így a hulladék égetéséről, a sztratoszférikus ózonvédelemről, a motorbenzin tárolásáról, a tüzelőberendezések hőteljesítményhez kötött kibocsátásáról, az illékony szerves vegyületek kibocsátásáról valamint a légszennyezetségi zónák kialakításáról szóló jogszabály.

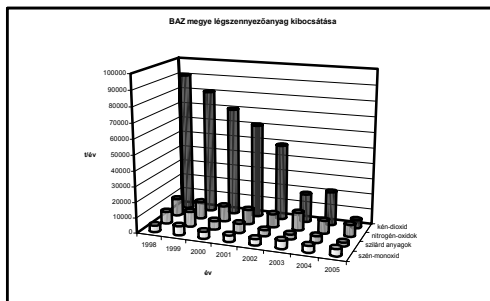
A csatlakozást követően néhány területen moratóriumot kapott az ország az egyes határértékek betartására, melyek levegőtisztaság-védelmi területen az alábbiak:

- nagyüzemi berendezések kibocsátási határértékeinek betartása 2004. december 31-ig,
- hulladékégetők technológiai kibocsátási határértékeinek betartása 2005. június 30-ig,
- meglévő berendezésre a kibocsátási határérték betartása 2007. október 30-ig.

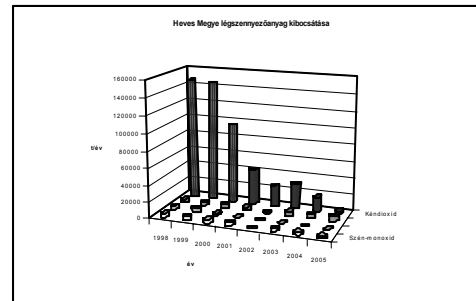
### **Emisszió**

A Felügyelőség illetékességi területe, ezen belül különösen BAZ. megye, az ország egyik legiparosodottabb területe, ahol szinte valamennyi iparág megtalálható.

Az ipari üzemek jelentős része a Sajó-völgyi agglomerációban van. A koncentrált ipartelepítés következtében az ország korábban egyik legszennyezettebb levegőjű térsége alakult ki. Legkedvezőtlenebb helyzetben az Ózd – Sajószentpéter - Miskolc ipari tengely mentén elhelyezkedő települések voltak.



5. ábra: BAZ megye ipari létesítményeinek légszennyezőanyag kibocsátása



6. ábra: Heves megye ipari létesítményeinek légszennyezőanyag kibocsátása

Az 5. és 6. számú diagrammból jól látható, hogy az ipari kibocsátások Borsod és Heves megyében mára jelentősen lecsökkentek.

A szigorodó jogszabályi előírások miatt a nagyipari üzemek emissziójához viszonyítva mára már a közlekedésből és a lakossági fűtésből származó kibocsátások a meghatározók.

Az ipari létesítményeknél a jogszabályi kötelezettségek betartása érdekében technológiai korszerűsítéseket végeztek, mely azt jelentette, hogy

- a nagy tüzelőberendezéseknél tüzelőanyag váltást, technológia-korszerűsítést hajtottak végre,
- a vegyipari és a kohászati üzemeknél utóégetők beépítésére ill. a leválasztó rendszer korszerűsítésére került sor,
- hulladékégetőknél rekonstrukciókat (utóégető, füstgáztisztító rendszer beépítés) hajtottak végre, melynek eredményeként teljesíteni tudják a határértékeket,
- folyamatos emisszió mérő rendszereket építettek ki a légtéri kibocsátások ellenőrzésére, a mért adatok regisztráltak és visszaellenőrizhetők.

A jogszabályi kötelezettségeknek megfelelően a Felügyelőség illetékességi területén jelenleg 15 telephelyen építettek be folyamatos emisszió mérőrendszert. Ezek az erőművek, a hulladékégetők, a cementgyár és kohászati üzemek. A felügyelőségi elvárásoknak megfelelően több helyen online emissziós adatszolgáltatást valósítottak meg.

Ezen kívül a vegyipari üzemek egyes technológiai is rendelkeznek önellenőrzés céljából, jogszabályi kötelezettség nélkül folyamatos emisszió mérő rendszerrel.

Az illetékességi területünkön lévő nagyobb ipari létesítmények a jogszabályi megfelelés érdekében már az uniós csatlakozást megelőzően elkezdték, illetve tervezték a légszennyezést csökkentő környezetvédelmi beruházásokat, melynek eredményeként mindkét megyében jelentősen csökkent a szennyezőanyag kibocsátás.

### ***Immisszió***

A környezeti- és a települési levegő minőségét a Felügyelőség Mérőközpontjának immissziós mérőcsoportja méri, illetve értékeli telepített monitorhálózat segítségével.

A Felügyelőség az OLM (Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat) részeként 2002. évtől üzemelteti az immissziós mérőhálózatot, mely 11 monitor állomást, valamint a szakaszos mintavétellel ellátott RIV mérőpontokat (24 helyen) foglalja magába. Ülepedő por mérése 62 helyen történik. Az üzemeltetés, karbantartás, az adatok fogadása és elővalidálása, valamint továbbítása az OLM-be a Felügyelőség Mérőközpontjának feladata. A folyamatos monitor állomásokon meteorológiai adatok, PM10, CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, ózon, RIV mérőpontokon SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> és ülepedő por mérése történik. A validált mérési adatok az OLM-ből elérhetők. Az OLM-et alkotó mérőpontok területi elhelyezkedésének felülvizsgálata jelenleg folyik.

A levegőtisztaság-védelem területén az elmúlt 10 évben jelentős változás következett be. A levegőminőség javulás meghatározóan az ipari üzemek rekonstrukcióinak, illetve a környezetvédelmi beruházásainak következménye.

A légszennyezettség helyzete kén-dioxid komponensre nézve az utóbbi években jelentős javulást mutat, a széntüzelésű erőművek egy része a korábban felhasznált tüzelőanyagok helyett alacsony kéntartalmú import szén és/vagy biomassza tüzelésre tértek át. A Mátrai Erőmű ZRt. a kén-emisszió csökkentésére füstgáz-kéntelenítőt épített be, így teremtve meg a magas kéntartalmú hazai szenek felhasználhatóságát.

Az NO<sub>x</sub> kibocsátásért elsősorban a közlekedés a felelős. A nagyvárosok csomópontjaiban, forgalmas közlekedési útjai mentén határérték túllépés esetszám növekedés okoz problémát. A NO<sub>x</sub> koncentráció a többi megyéhez hasonló lassú növekedést mutat, ami egyenesen arányos a gépjárműszám növekedésével.

Az Európai Unió csatlakozást követően az immissziós határértékek felülvizsgálatára és szigorítására került sor. Így a mérési adatok kiértékelésekor figyelembe kell venni, hogy nem romlott a levegő minősége, hanem a viszonyítási értékek csökkentek.

A szállópor mintavételek adatai alapján a nagyvárosokban (Miskolc, Eger), és más településeken (Putnok) a PM<sub>10</sub> koncentráció értékei a megengedett túllépések számát jelentősen meghaladják, mely helyenként közlekedésből, helyenként gyenge minőségű háztartási szén felhasználásból származik.

A miskolci Búza téri állomáson mért kiugró adatok, mint már az NO<sub>x</sub> kibocsátások vizsgálatánál említettem, a forgalmas közlekedési csomópont közelségével magyarázható. Ez országos, sőt uniós jelenségnek tekinthető probléma, minden jelentős átmenő forgalommal rendelkező nagyvárosra jellemző. Az M30-as autópálya megépítése és átadása csökkentette Miskolc belvárosának átmenő forgalmát, de végleges megoldást, a Miskolc várost északról elkerülő út megépítése hozhat.

A kohászati tevékenység átalakulásával (Miskolcon és Ózdon) jelentősen csökkent a térség szénmonoxid szennyezettsége, de az acélművek porkibocsátása továbbra is számottevő.

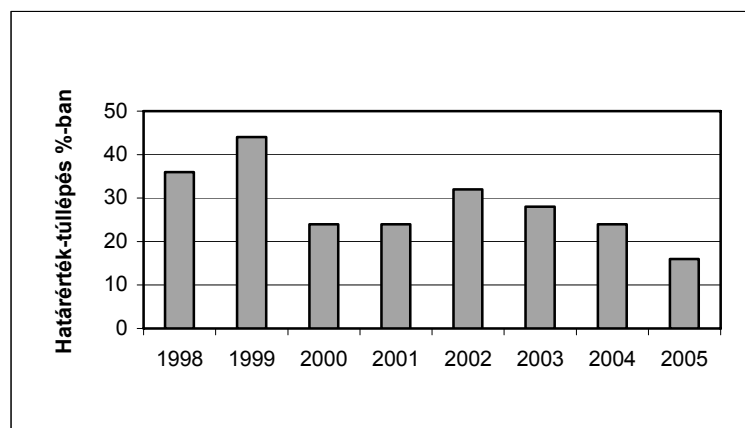
### Zaj- és rezgésvédelmi szakterületi feladatok

A környezeti zaj- és rezgésvédelem szabályozása kormányrendeleti szinten először 1983-ban jelent meg, amely többszöri módosítással ma is érvényes. Általánosságban jellemzője a rendeletnek, hogy valamennyi környezeti zajforrás tekintetében elsősorban a megelőzésre helyezi a hangsúlyt, az új létesítményekre tartalmaz részletes előírásokat, hiszen a műszaki tervezés folyamán lehet és kell biztosítani a követelmények teljesülését.

Ugyanakkor a szabályozás határérték centrikus, a zajterhelés növekedést nem diszkriminálja.

A Felügyelőség a rendelet alapján zajkibocsátási határértéket ír elő kérelemre vagy hivatalból indított eljárás keretében, ill. határérték túllépés esetén - melynek megállapításához a szükséges méréseket a Felügyelőség akkreditált laboratóriuma végzi el - szankcióként bírság kivetését alkalmazza. Kivizsgálja a hatáskörébe tartozó panaszokat, és szakhatósági jogkörében eljárva előírja az engedélyező hatóságok határozataiba foglalt zaj- és rezgésvédelmi követelményeket.

Az 1998 és 2005 közötti időszakban vizsgált üzemeknél a határértéket túllépők száma folyamatosan csökken, míg 1999-ben a vizsgált üzemek több mint 40 %-ánál tapasztalunk határérték túllépést, addig 2005-ben ez az arány kevesebb, mint 20 %. (7. ábra)



7. ábra: Határérték túllépéssel érintett üzemek aránya az összes vizsgált üzemhez viszonyítva

A rendszerváltás időszakában illetékességi területünkön az ipar leépülése volt a jellemző, a nagy termelő cégek (kohászat, gépgyártás) jelentős része megszűnt, ill. volumene csökkent. Kényszervállalkozások következtében növekedett a lakóterületekbe ékelt műhelyekben a kisipari, majd kereteiket túlnövő vállalkozások száma.

Az ipar szerkezetátalakulását követően megjelent új tevékenységek közül a bányászati (kavicsbányák, kőbányák, ásványbányák) kitermelés és szállítás zajhatása lett jelentős.

A közlekedés okozta zajterhelés is jelentősen növekedett az utóbbi évtizedben, egyrészt a gépkocsik számának, másrészt a nehéz gépjárműállomány számának és szállítási kapacitásának növekedésével. A teherszállítás a vasútról jelentős mértékben áttért a közutakra.

Illetékességi területünkön halad az M3 autópálya, melynek Gyöngyös-Füzesabony közötti szakaszát 1998-ban adták át, majd megépült a Füzesabony utáni szakasza is Görbeházáig. Az egyes szakaszok zajvédelmi problémáinak megoldása komoly hatósági és szakmai feladatokat jelentett.

A lakosság az átmenő forgalom növekedését érzékeli, a zajcsökkentésre megoldást a települést elkerülő utak megépítése jelent. Ennek jó példája a már korábban megépült Mezőkövesdet elkerülő út, melynek eredményeképpen a város közlekedési zajterhelése nagymértékben csökkent. Azóta több elkerülő útszakasz is elkészült. A Miskolcot elkerülő út Felsőzsolca csomópontig már megépült, a 26-os útba átkötő szakasz megépítésével a teljes átmenő forgalom megszűnhet. A jelentős forgalmú útvonalakon további települést elkerülő szakasz megépítése szükséges.

### **Zajtérképezés**

A környezeti zaj értékeléséről és kezeléséről szóló 2002/49/EK irányelv, mely hazai jogrendünkben a 280/2004. (X. 24.) Korm. rendeletként lett adaptálva, számításon alapuló „stratégiai zajtérképek” elkészítését írja elő, amelyek tükrözik a jelenlegi zajterhelési helyzetet, a lakossági érintettséget, a túllépések mértékét, alkalmasak a zajterhelési helyzet változásának bemutatására és megfelelő alapot képeznek a megoldást célzó „intézkedési tervek” számára. Illetékességi területünkön a nagyforgalmú utak, vasutak zajtérképét a GKM 2007. év közepére készíti el a fent említett kormányrendelet alapján. A zajtérképek értékelése és jóváhagyása Felügyelőségünk hatásköre.

E feladat ellátását segíti elő, hogy a Környezetvédelmi és Infrastruktúra Operatív Program „Zajterhelés mérése” komponens pályázatán 2004. évben nyert pénzből zajtérkép-készítő szoftvert, számítógépet és zajmérő műszert vásároltunk, melyek segítségével közutak, vasutak és ipari üzemek zajtérképe állítható elő. Illetékességi területünkön eddig 10 útszakasz zajtérképét készítettük el.

### **Hulladékgazdálkodási szakterületi feladatok**

Magyarországon a hulladékokkal kapcsolatos szabályozás az 56/1981. (XI. 18.) MT rendelettel vette kezdetét. Ez a rendelet csak a veszélyes hulladékokra vonatkozó szabályokat rögzítette, nem terjedt ki a hatálya az egyéb (települési, ipari stb.), nem veszélyes hulladékokra. Hosszú ideig a hulladékok kezelését gyakorlatilag a lerakással, vagy égetéssel történő ártalmatlanítás jelentette. A hulladékok évente keletkező mennyiségének növekedése, hasznosításának alacsony foka, az Európai Unióhoz való csatlakozásból adódó jogközelítési kötelezettségek és a környezetvédelemmel, s így a hulladékgazdálkodással szemben egyre növekvő társadalmi elvárások szinte kikényszerítették a hulladékok átfogó, minden területre kiterjedő törvényi szintű szabályozását. Ennek eredményeképpen 2001. január 1-jével hatályba lépett a hulladékgazdálkodásról szóló törvény, majd ezután annak végrehajtási rendeletei, amelyek a hulladékkezelés átalakítását is megalapozták.

A törvény gyakorlatilag – a radioaktív hulladékok kivételével – minden hulladékra kiterjed, s számos feladatot ad a hulladékokkal kapcsolatos tevékenységek végzése, ellenőrzése, engedélyezése, tervezése terén egyaránt. Elsődlegesen a hulladékok keletkezésének megelőzését, a képződő hulladékok mennyiségének és veszélyességének csökkentését, másodlagosan a keletkező hulladékok minél nagyobb arányú, saját anyagában, ennek hiányában energiaforrásként történő hasznosítását kívánja érvényesíteni. Az égetéssel, vagy lerakással történő ártalmatlanítás csak az ezek után megmaradó hulladékokra korlátozódhat.

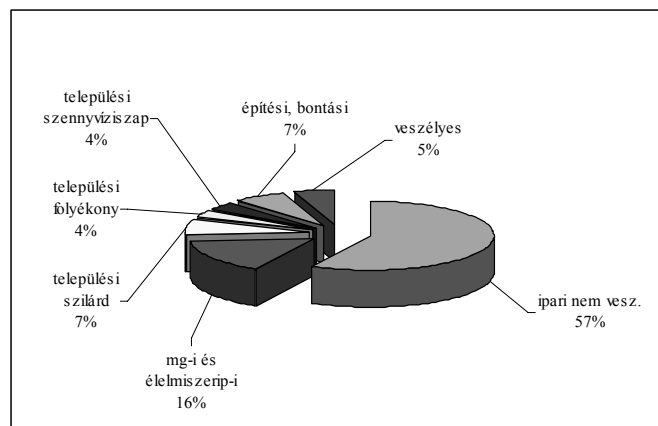
Megjelent a prevenció érdekében a hulladékot termelők mellett a termék gyártójának felelőssége a kevesebb hulladékkal, energiafelhasználással járó technológia alkalmazásáért, a tartós újrafelhasználható termékek kifejlesztéséért. A gyártót terheli az elhasználdott vagy újrahasználdható termékek visszavételi kötelezettsége, a termékből származó hulladék hasznosításáért, ártalmatlanításáért a termék előállítója felelős (pl.: akkumulátor, szárazelem,

hűtőgépek, gumiabroncsok, olajok, stb. esetében). Sorra alakulnak, s működnek az ezen követelmények teljesítését segítő ún. koordináló szervezetek.

#### ***A jelenlegi helyzet a követelmények, elvárások tükrében***

A Felügyelőség illetékességi területén évente mintegy 200.000 tonna veszélyes, kb. 700 000 tonna települési szilárd, és közel 5 millió tonna ipari, mezőgazdasági és egyéb nem veszélyes hulladék keletkezik.

A hulladékok fajtánkénti arányát a 8. ábra szemlélteti.



8. ábra: A keletkezett hulladékok főtípusonkénti megoszlása a területi hulladékgazdálkodási terv készítésekor (2004.)

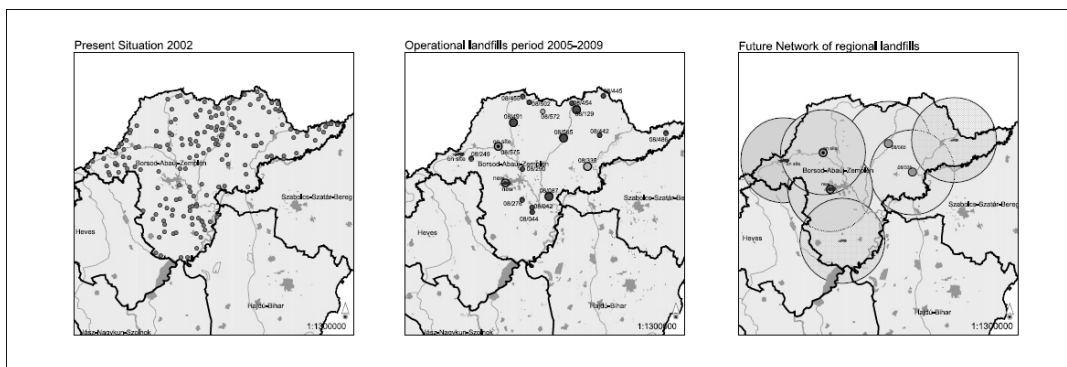
A Hulladékgazdálkodási Információs Rendszerbe (HIR) több mint 3000 telephely jelentkezett be. 11 veszélyes hulladéklerakó, 6 db veszélyes hulladékégető és hulladék együttégető mű üzemel a területen. A veszélyes hulladékok egyéb kezelésére – előkezelés, hasznosítás, ártalmatlanítás – további számos szervezet rendelkezik engedéllyel.

Magyarország Európai Unióhoz való csatlakozási tárgyalásainak eredményeképpen 2005. közepéig kapott felmentést a hulladékok égetése területén az uniós követelmények, határértékek teljesítése alól. A csomagolási hulladékok 50%-os hasznosítási arányát 2005-ben már teljesíteni kellett, 2012-re ezt 60%-ra kell növelni. 2008-ra biztosítani kell a 4kg/fő/év háztartásokban keletkező elektronikai hulladék mennyiség begyűjtését és hasznosítását. A lerakott települési hulladék biológiailag lebomló szervesanyag-tartalmát az 1995. évi mennyiséghez képest 2007 közepére 50%-ra, 2014 közepére 35%-ra kell csökkenteni. 2009-től nem üzemelhetnek olyan hulladéklerakók, amelyek nem felelnek meg az előírásoknak.

E követelmények csak a hulladékgazdálkodás nagyfokú átalakításával, a hasznosítás erőteljes növekedésével teljesíthetők. Ugyanakkor a települési szilárd hulladékok ártalmatlanítása döntő hányadban ma is lerakással történik. Megfelelő műszaki védelemmel nagyon kevés lerakó rendelkezik, Heves megyében pl. egy sem. Az üzemeltetési körülmények erősen kifogásolhatók. Mindezekből következően a lerakók potenciális szennyező források. A nyilvántartott lerakók száma 440 db, ebből jelenleg már csak 70 üzemel. Folyamatosan szűnik meg az ahány település annyi lerakó állapot, folyamatosan kerülnek bezárásra a nem megfelelő műszaki védelemmel kialakított depóniák. A Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium megbízásából 2002-ben elvégzett ún. LANDFILL felmérés – amely a települési hulladéklerakók feltérképezését célozta meg – BAZ. megyére vonatkozó eredményét a 9. ábra mutatja be. Külön jeleníti meg a 2002-ben működő lerakókat, a 2005-2008. közötti időszakra tervezett lerakó

rendszer, a 2009. után üzemelő 3 (max. 4) hulladéklerakót, amelyek köré a komplex hulladékgazdálkodási rendszerek szerveződnek (9. ábra).

A nem üzemelő lerakók felszámolása, lezárása, rekultivációja azonban még komoly feladatot jelent a jövőben. Jelenleg a 193 felülvizsgálatra kötelezett lerakóból 74 nyújtotta be a környezeti felülvizsgálati dokumentációt, mindössze 39-re van elfogadott rekultivációs terv, és 19 rekultiváció kivitelezése történt meg.



9. ábra: A települési hulladéklerakók feltérképezését célzó LANDFILL BAZ. megyére vonatkozó eredménye

### **Komplex hulladékgazdálkodási rendszerek**

A jövő mindenképpen a komplex hulladékgazdálkodási rendszereké, amelyekben elsődlegességet élvez a hulladék hasznosítása, s csak a maradék anyag kerül ártalmatlanításra. Ezen rendszerek kialakítása megkezdődött, üzemelésük megindult, vagy rövidesen megindul. A közelmúltban került átadásra Hejőpáiban korszerű hulladéklerakó, Bodrogkeresztúron, Egerben, Sajókazán építési-törmelék feldolgozó, elkészültek és beüzemelésre várnak válogatóművek, komposztáló telepek, valamint a Sajókaza Orbán-völgyi hulladéklerakó. Megindultak a szelektív gyűjtés kezdeti lépései.

B.-A.-Z. Megyében a két nyertes ISPA projekt (Dél-borsodi és Sajó-Bódva völgyi) mellett a regionális jelleggel működő bodrogkeresztúri lerakó köré szerveződött társulás komplex hulladékgazdálkodási rendszerré fejlesztése történik válogató művek, átrakó állomások, komposztálók, építési törmelék feldolgozók stb. kialakításával, a szelektív gyűjtés bevezetésével. Heves megyében az egri kistérség köré szerveződő, az egész megyét lefedő hulladékgazdálkodási rendszer megvalósulása 2009-re várható. Ezeket a rendszereket kiegészítik az átnyúló rendszerek: a Tisza-tavi ISPA projekt 28 borsodi és hevesi települést, a jászteleki lerakó rendszere 13 hevesi települést, a nyírségi rendszer hasonló számú zempléni települést érint. A hulladékgazdálkodási rendszerek túlnyomórészt EU-s forrásból valósulnak meg.

2005. január 1-jétől a Felügyelőség illetékességi területén már csak olyan hulladékégető, együttégető művek üzemelnek, amelyek megfelelnek az üzemelési és kibocsátási feltételeknek. A követelményeket teljesíteni nem tudó hulladékégetők bezárásra kerültek, vagy rekonstrukció alatt állnak. Az üzemelő veszélyes-hulladék lerakók ugyancsak az előírásoknak megfelelőek, így műszaki védelmük, monitoring rendszerük biztosítja a környezeti elemek védelmét. Az előírások teljesítése rendszeres és eseti hatósági ellenőrzések keretében kerül ellenőrzésre, jelentős számban mintavétellel és laboratóriumi vizsgálatokkal egybekötve, a Felügyelőség Méréközpontjának bevonásával.

### ***A hulladékgazdálkodás tervezése***

A hulladékgazdálkodás szabályozásának elengedhetetlen része a megfelelő tervezési-szabályozási rendszer, amelynek alapja az Országos Hulladékgazdálkodási Terv (OHT). Az országos állapot széleskörű felmérésére és értékelésére alapozva az Országos terv meghatározza az elérendő célokat és a célok megvalósításához a cselekvési programot, megalapozza a regionális és lokális hulladékgazdálkodási terveket. A tervekészítés hatéves ciklusokra történik, a Nemzeti Környezetvédelmi Programmal összhangban. Az OHT alapján a Felügyelőség elkészítette az Észak-magyarországi Statisztikai Régió Hulladékgazdálkodási Tervét a 2003 – 2008. évi időszakra, amely alapján elkészültek a helyi és az egyedi hulladékgazdálkodási tervek. A területi terv a hulladékgazdálkodási célok elérése érdekében az alábbi prioritásokat határozta meg:

1. Komplex regionális begyűjtő-kezelő rendszerek kialakítása
  2. Szelektív gyűjtés bevezetése, szelektív gyűjtési rendszerek kialakítása
  3. Nem megfelelő lerakók bezárása 3 ütemben 2008-ig, a bezárást követő rekultiváció
  4. Települési folyékony hulladék, szennyvíziszap kezelési rendszerek kialakítása
  5. Biológiailag lebomló szervesanyag tartalmú hulladékok kezelő rendszerének kialakítása
  6. Nagy mennyiségben keletkező, ill. felhalmozott nem veszélyes hulladékok (elsősorban kohászati salakok, erőműi salakok és pernyék) hasznosítási lehetőségének megteremtése, hasznosítása
  7. Egészségügyi hulladékok begyűjtési hálózatának teljessé tétele, korszerűsítése
  8. Veszélyes hulladékokra (elektronikai hulladékok, akkumulátorok és elemek, olaj hulladékok) begyűjtő, kezelő rendszerek kialakítása
  9. Nem veszélyes hulladékokra (építési és bontási hulladékok, gumiabroncs, csomagolóanyagok) begyűjtő, kezelő rendszerek kialakítása
  10. Állati eredetű hulladékok begyűjtő, kezelő rendszerének teljessé tétele, korszerűsítése.
- Egyidejűleg a döggutak felszámolása
11. Különleges kezelést igénylő veszélyes hulladékokra gyűjtő, ártalmatlanító, hasznosító telepek létesítése (oldószeres desztillálása, fáradt olajok kezelése, páclevek hasznosítása)
  12. Autóroncs begyűjtő, kezelő rendszer kialakítása

### **Természetvédelmi szakterületi feladatok**

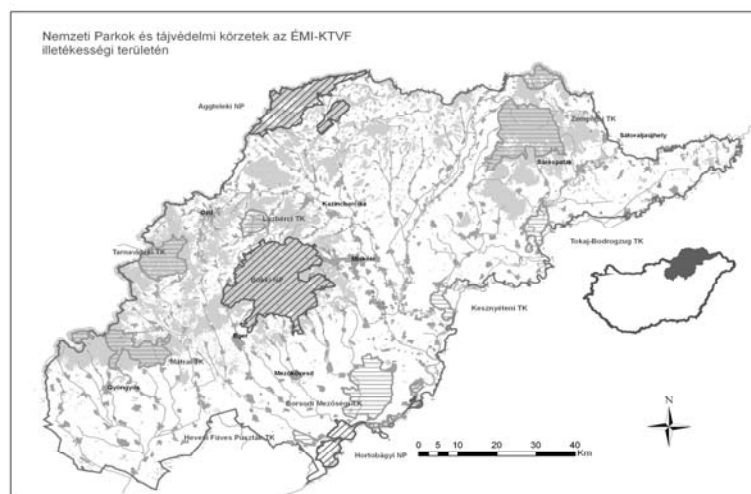
#### ***Természetvédelmi területek***

A természet-és tájvédelmi hatósági munka mind a védett-, mind a természetvédelmi szempontból nem védett területekre kiterjed. Felügyelőségünk illetékességi területén három nemzeti park található. Az Aggteleki Nemzeti Parkot elsősorban a földtani természeti értékek, felszíni formák és a felszín alatt húzódó barlangok megóvására hozták létre 1985-ben. A nemzeti park Észak-Magyarország karsztvidékén – a hajdani Gömör-Tornai karszt részeken – a Sajó- és a Hernád folyó között, mintegy 20 000 hektár területen helyezkedik el.

A Bükk Nemzeti Park, hazánk első hegyvidéki nemzeti parkja 1977-ben alakult, jelenleg 40.263 hektár védett területet foglal magába. A Bükk-hegység változatos karsztjelenségei, barlangjai, szurdokvölgyei, sziklabércei, valamint élővilágának megóvása fontos természetvédelmi cél. A Bükk Nemzeti Parkon belül vannak kiemelkedő fontosságú, egyedülálló értékeket hordozó területek, melyek fokozottan védettek. Ezek mintegy 5, 6 hektár kiterjedésűek. A Hortobágyi Nemzeti Park négy B.A.Z.-megyei község területén érinti felügyelőségünk illetékességi területét.

A felügyelőség illetékességi területén található továbbá 8 tájvédelmi körzet (a Borsodi Mezőség TK-nak mintegy 90%-a; a Hevesi Füves Puszták TK-nak kb. 60%-a; a Kesznyéteni

TK-nak kb. 90 %-a; a Lázbérci TK; a Mátrai TK-nak mintegy 70%-a, a Tarnavidéki TK, a Tokaj-Bodrozug TK, a Zempléni TK), valamint 17 természetvédelmi terület. (10. ábra)  
Az országosan védett területek Magyarország mintegy 10 %-át fedik le, míg B.-A.-Z. Megyében ez az arány kb. 15 %.



10. ábra: Nemzeti parkok és tájvédelmi körzetek illetékességi területünkön

### **Natura 2000 területek**

A természetvédelmi célok még teljesebb elérése érdekében 2004-ben megtörtént Magyarországon is az EU valamennyi tagállama számára kötelező, az Európai Unió Madárvédelmi- és Élőhelyvédelmi Irányelvén alapuló Natura 2000 területek kijelölése az *európai közösségi jelentőségű természetvédelmi területekről* szóló 275/2004. (X. 8.) Kormányrendelet révén. A rendelet célja egyes, az Európai Közösségek Natura 2000 hálózatába tartozó, a rendelet által kihirdetett, illetőleg kijelölt területeken előforduló, a rendelet mellékleteiben meghatározott közösségi jelentőségű, valamint kiemelt jelentőségű közösségi élőhelytípusok, valamint vadon élő növény- és állatfajok élőhelyének megőrzése által a biológiai sokféleség fenntartásához, megőrzéséhez szükséges szabályok megállapítása, illetve a kijelölés alapjául szolgáló természeti állapot és az azt létrehozó, illetve fenntartó gazdálkodás feltételeinek biztosítása. A rendelet megállapítja, hogy fenti célokat más, különösen az ország társadalmi-gazdasági fejlődése szempontjából lényeges, törvényben vagy kormányrendeletben meghatározott más fontos közérdeket szolgáló fejlesztési célokkal összehangoltan kell megvalósítani.

A Natura 2000 hálózatot a madarak védelmére kijelölt Különleges Madárvédelmi Területek (SPA), valamint az élőhelyek, növény- és más állatfajok védelmére kijelölt Különleges Természetmegőrzési Területek (SCI ill. SAC) alkotják.

Különleges Madárvédelmi Területek illetékességi területünkön pl.: Aggteleki-karszt, Putnok-dombság, Bodrozug-Kopasz-hegy, Taktaköz, Zempléni-hegység a Szerencsi-dombsággal és a Hernád-völgygel, Borsodi-sík, Kesznyéten stb. Különleges Természetmegőrzési Területek pl.: Szuha-völgy, Sajó-völgy, Hernád-völgy és Sajóládi erdő, Vár-hegy- Nagy Eged, Miskolctapolcai Tátár-árok-Vörös-bérc, Upponyi-szoros, Gyöngyösi Sár-hegy, Bodrog-Zug és Bodrog hullámtér stb.

A kijelölt Natura 2000 területeket, az irányelvekben meghatározott közösségi jelentőségű fajokat és élőhelytípusokat, a kijelölt területek térképét a hivatkozott rendelet mellékletei

tartalmazzák. A kormányrendeletben kihirdetett Natura 2000 területek kiterjedése 1, 95 millió hektár, hazánknak mintegy 21%-a. Ugyanez az arány B.-A.-Z. Megyére vetítve közel 50 %.

A kijelöléssel az eltűnéssel fenyegetett, kis kiterjedésű természetes élőhelyek és a veszélyeztetett, sérülékeny, vagy bennszülött fajok hosszú távú fennmaradásának biztosítása, a biológiai sokféleség megőrzése a cél.

#### ***Természetvédelmi hatósági feladatok***

Hazánkban a legtöbb ember számára a természetvédelem célja és feladata ma is csupán a védett területeken vadon élő növények, és állatok oltalmát jelenti. Kevesebben tudják, hogy a Felügyelőségek nem csak a védett területek megővéséért felelősek, hanem az azokon kívül eső területek természetes vagy természetközeli állapotának, természetes életközösségeinek, azok élőhelyeinek fennmaradásáért, és arculatának, látképének megőrzéséért is. A területi védelmen túlnyúló faji szintű védelem természetesen egységesen az ország egész területére érvényes, még a védett területeken kívül is.

Természetvédelmi feladataink fontosságát és mennyiségét jelzi a – már fentebb bemutatott – védett és Natura 2000 területek országosnál jóval nagyobb aránya illetékességi területünkön. Ezeken kívül, ex-lege védelem alatt álló területek még a több mint 1100 láp, 110 földvár és hasonló számú kunhalom (a felmérés már mindkettőnél befejeződött, de nem végleges az adat), illetve a Magyarországon található 3224 barlangból több mint 1300.

Kihirdetésre kerültek továbbá a 2003. évi XXVI. tv. által a Nemzeti Ökológiai Hálózat elemei, melyek főként a védett területek puffertületei, illetve a jelentősebb vízfolyásokat kísérő „ökológiai zöld folyosókat” fedik le országos szinten.

#### **Tájvédelmi szakterületi feladatok**

A tájhasznosítás és a természeti értékek felhasználása során meg kell őrizni a tájak természetes és természetközeli állapotát, továbbá gondoskodni kell a tájak esztétikai adottságait és a jellegét meghatározó természeti értékek, természeti rendszerek és az egyedi tájértékek fennmaradásáról. A történelmileg kialakult természetkímélő hasznosítási módok figyelembevételével biztosítani kell a természeti terület használata és fejlesztése során a táj jellegének, esztétikai, természeti értékeinek, a tájakra jellemző természeti rendszereknek és egyedi tájértékeknek a megővését.

#### **A hatósági tevékenység területi kapcsolatrendszere**

A területi kapcsolatainkban mintegy 90 %-ban meghatározóak a gazdasági társaságok, ezeken belül azok a nagy környezethasználók, melyek tevékenységi volumenük, tevékenységük komplexitása, környezeti hatása alapján az un. IPPC irányelv hatálya alá esnek.

Az Európai Tanács 96/61/EK számú, az Integrált Szennyezés-megelőzésről és Csökkentésről szóló irányelve (Integrated Pollution Prevention and Control [IPPC]) a környezethasználó létesítmények működését egy, a tevékenységük környezeti hatásait átfogó engedély (Magyarországon „egységes környezethasználati engedély”) megszerzéséhez köti. Ez a szabályozás a környezetvédelem általános szabályairól szóló módosított 1995. évi LIII. tv., valamint egy új, a 314/2005.(XII.25.) Kormányrendelet megalkotása révén épült be a magyar jogrendbe.

A szabályozás új eleme az integrált megközelítés, melynek értelmében a környezethasználatot nem környezeti elemenként (víz, talaj, levegő), hanem komplex módon, minden környezeti elemre vonatkozóan együtt kell vizsgálni, illetve valamely környezeti elem

terhelésének megelőzése, csökkentése céljából nem engedhető meg egy másik környezeti elem károsítása, szennyezése.

Az integrált megközelítés érvényre juttatását a jogszabály által előírt elérhető legjobb technika (Best Available Techniques [BAT]) alkalmazása biztosítja, ami a gyakorlatban azt jelenti, hogy a folyamatok (tervezés, engedélyeztetés, megvalósítás, üzemeltetés, tevékenység felhagyása) során a kibocsátásoknak már eleve a forrásnál történő csökkentésére és a természeti erőforrások hatékony felhasználására kell törekedni.

A szabályozás azokra az ipari és más, ipari rendszerben folyó (pl. mezőgazdasági) tevékenységekre helyezi a hangsúlyt, ahol a legnagyobb a hatása a környezet szennyezésének.

A korábbi környezetvédelmi szabályozás rendszeréhez viszonyítva az IPPC is szabályozza a kibocsátásokat, de ezen felül foglalkozik többek között az energiahatékonysággal, a környezetbiztonsággal, a hulladékok keletkezésének minimalizálásával. A szennyező hatást szélesebb körben vizsgálja, nemcsak egy egyedi technológiai folyamat vagy tevékenység, hanem az egész létesítmény környezetre gyakorolt hatása képezi a szabályozás tárgyát.

Az elérhető legjobb technika a tudomány és technika folyamatos fejlődésével állandóan változik, mindig újabb minőségi kihívást jelent a gazdálkodó szervezetek számára. A BAT követelmények teljesítése folyamatosan generálja a technikai fejlesztéseket, a környezeti kibocsátások csökkentését, ezáltal a környezeti állapot javulását eredményezi.

Az IPPC hatálya alá eső tevékenységeket végzőknek 2007 végére teljes körű megfelelést kell elérniük a nemzetközi összehasonlításban. Ebben az ügyfélkörben a szakmai konzultációknak prevenciós szempontból nagy jelentősége van.

Hatósági mivoltunkból következően a kapcsolattartás leggyakoribb, hagyományosabb formája jogszabályi kötelező előírásokon alapul. Ennek általános hivatkozási alapja a közigazgatási hatósági eljárás és szolgáltatás általános szabályairól szóló törvény. Speciális jogi utalást a környezetvédelemre, természetvédelemre, vízügyre vonatkozó különböző szintű jogforrások adnak.

Ez a jogalkalmazás a környezetvédelmi követelmények érvényesítésének eszköze más hatóságok és társszervek előtt folyó engedélyezési eljárásokban.

### **Határmenti együttműködés**

A Felügyelőség határmenti tevékenységében a földrajzi elhelyezkedés miatt elsősorban a magyar-szlovák kapcsolatok a meghatározóak. Az együttműködés jogi alapjainak megteremtése több évtizedre nyúlik vissza és szinte folyamatosnak tekinthető. Magyarország és Csehszlovákia a vízgazdálkodási kérdések rendezésére 1976. május 31-én írt alá egyezményt. A Magyar - Csehszlovák Határvízi Bizottság 1982. július 6-10. közötti ülészakán készült jegyzőkönyvben foglaltaknak megfelelően történik a határvizek (Sajó, Bódva, Hernád, Szartos, Bodrog, Ronyva és Tisza) havonkénti közös vizsgálata. A Vízminőség-védelmi Albizottság munkájában a Felügyelőség képviselője szakértőként vesz részt.

A Magyar és a Szlovák Köztársaság Kormányai által, a környezet- és természetvédelem terén való együttműködésről 1999. februárjában aláírt Egyezmény keretében működik a Magyar-Szlovák Környezetvédelmi Vegyes Bizottság, melynek Környezeti Elemek és Informatikai Munkacsoportjában szakértői szinten közreműködünk.

Magyarország alvizi jellege miatt már az uniós csatlakozást megelőzően is felvetődött a határokon átnyúló, környezetvédelmi alapokon nyugvó együttműködés további szélesítése. A 2004-ben elnyert és 2005-ben megvalósult PHARE-CBC pályázat keretében nyílt lehetőségünk a határmenti szlovák-magyar területen tevékenykedő környezetvédelmi feladatot ellátó intézményeknek, és a két térség környezetvédelmi hatósági feladatainak pontos megismerése, és

a már meglévő környezetvédelmi alapú együttműködéshez szükséges kapcsolatrendszer bővítésére.

A projekt hosszú távú együttműködés alapját rakta le. Kölcsönös környezetvédelmi információcsere célú látogatások, munkaközi találkozók, tanulmányutak, szakmai előadások megtartása, valamint módszertani anyagok, egyéb információk cseréjén keresztül. A program távlati céljai tekintetében (gazdaságilag, társadalmilag és tudományosan integrált határrégió kialakításával) közvetlenül illeszkedik az Interreg III. átfogó céljaihoz.

### **Kapcsolat a zöld szervezetekkel**

A környezetvédelem ügyének előtérbe kerülése, a társadalom környezet-érzékenységének fokozódása az utóbbi évtizedben számos civil és zöld szervezet aktivizálódását vonta maga után. Ezek a zöld szervezetek hatékony segítséget nyújtanak szakszerű információikkal a környezeti problémák feltárásában, a környezeti nevelés és tudatformálás társadalmi bázisának kiépítésében, lakossági kapcsolattartásban. Szorosabb együttműködés a területünkön meghatározó tevékenységet végző zöld szervezetekkel (Miskolci Ökológiai Intézet, miskolci ÖKO-KÖR, az egri „Eletfa” Környezetvédő Szövetség) alakult ki.

### **A tudomány szerepe a környezetvédelemben**

A környezetvédelem több tudományágat együtt alkalmazó szakterület. Az előzőekben bemutatott különböző szakterületi tevékenységeknek, a környezetvédelmi és természetvédelmi hatósági munkavégzésnek alapja a magasan kvalifikált, sokrétűen képzett szakember gárda. Munkatársaink jelentős hányada egyetemi végzettséggel, esetenként több diplomával rendelkező (vegyész, biológus, jogász, környezetmérnök, vízépítő mérnök, kohász, gépész stb.) szakember.

Kiválasztásukban messzemenően támaszkodunk azokra a szakokra, képzési lehetőségekre, melyeket elsősorban az egyetemek biztosítanak.

A felsőoktatási intézményekkel kialakult jó kapcsolatunk a szakmai oktatást és tudományos együttműködést erősíti. A Miskolci Egyetemmel alakult ki a legszorosabb kapcsolat és vált mindennaposá. Az egyetem gyakorlati tapasztalatokkal is rendelkező oktatói gyakran nyújtanak szakmai segítséget a Felügyelőség szakértői, jogi munkájában. A Felügyelőség a szakmai képzést és oktatást előadások megtartásával, laboratóriumi bemutatókkal, szakdolgozati témák kiírásával és nyári szakmai gyakorlaton hallgatók fogadásával segíti.

A Miskolci Egyetem mellett bővítjük a kapcsolatainkat a Debreceni Egyetemmel, a Budapesti Műszaki Egyetemmel, az Egeri Tanárképző Főiskolával és más felsőfokú intézményekkel is.

### **Összegzés**

Az Észak-magyarországi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség tevékenységének bemutatásán keresztül igyekeztem rámutatni a környezetvédelem, mint szerteágazó szakterület sokszínűségére. Ennek megfelelően alkalmazni és érvényesíteni kell a környezetvédelem területén a tudomány eredményeit. Folyamatosan figyelemmel kell kísérni a szakmai követelményrendszer fejlődését, valamint a környezeti-gazdasági szabályozás változásait. A környezetvédelmi hatósági tevékenység alapja egy szoros kapcsolatrendszer, amely igényli a gazdasági társaságok, társadalmi szervezetek, az oktatás és a tudomány folyamatosan visszacsatoló együttműködését.

## Környezetvédelmi oktatás és kutatás a Miskolci Egyetemen

*Bóhm József*

### **Előzmények**

A környezetvédelmi oktatás és kutatás kezdeti lépései több évtizede indultak a Nehézipari Műszaki Egyetemen, mai nevén, a Miskolci Egyetemen. A bányászat és kohászat környezeti hatásainak mérséklése, a környezeti károk csökkentése szükségessé tette, hogy a szakmai tárgyokban már foglalkozzanak olyan kérdésekkel, mint a rekultiváció, a tájrendezés, vagy a por kibocsátás csökkentése, a légszennyezés kérdései. A Bányamérnöki Karon (2000. január 1.-től Műszaki Földtudományi Kar) már *1968-ban* megindult a hidrogeológus-mérnökgeológus szakirány, ahol a földalatti vízkészlet védelme a vízgazdálkodás kérdései mellett, a külfejtéses és mélyműveléses bányászathoz kapcsolódó aktív vízszintsüllyesztés hatásai is elemzésre kerültek.

### **Környezetvédelmi szakmérnök-képzés létrejötte**

Néhány jelentős környezetszennyezéssel járó ipari baleset, az egészséges környezet iránti igény fokozódása, a környezetvédő mozgalmak megjelenése és megerősödése lépésekre kényszerítette a mérnök-képző intézményeket is. Első sorban a jelentős környezeti hatásokkal járó iparágak, így a bányászat, a kohászat, a vegyipar számára mérnököket képző intézményekben alakult ki a környezetvédelem önálló diszciplínaként való oktatása. A környezeti problémák megoldására megfelelő ismeretekkel rendelkező szakemberek képzését kezdetben csak post-graduális (szakmérnök képzés, továbbképző tanfolyamok) keretek között tartották szükségesnek. Ezt a nézetet arra alapozták, hogy a problémák, a megoldandó feladatok szakterület specifikusak, tehát szakmai alapismeretek birtokában van lehetőség a technikához, technológiákhoz köthető környezeti problémák kezelésére, megoldására is. Ennek a koncepciónak megfelelően a vegyipar, első sorban a nehézevegypar, petrokémia számára mérnököket képző Veszprémi Egyetem, valamint a bányászat és kohászat számára mérnököket képző Nehézipari Műszaki Egyetem vállalt kezdeményező szerepet a jelentkező igények kielégítésében, a képzésre való felkészülésben. Egyetemünkről Dr. Berecz Endre professzor a Kohómérnöki Karról (jelenleg Műszaki Anyagtudományi Kar) és Dr. Juhász József professzor a Bányamérnöki Karról (jelenleg Műszaki Földtudományi Kar) vett részt az előkészítő munkában, a szakmai egyeztetésekben. Az ipari szakemberekkel és a hatóságokkal egyeztetett és kidolgozott képzési program szerint 1974-ben Miskolcon és Veszprémben is megindult a környezetvédelmi szakmérnök-képzés. Egyetemünkön a 4 féléves képzés bányászati és kohászati szakirányban folyt. A szakmai ismeretek átadásában az egyetem oktatói mellett nagy számban vettek részt ipari és hatósági szakemberek is. Kezdetben csak a bányászat és kohászat területén dolgozó mérnökök jelentkeztek a képzésre, de később az ipar más területeiről, az önkormányzatoknál és a hatóságoknál dolgozók közül is nagy számban szereztek nálunk szakmérnöki oklevelet. A több mint harminc éve megindult szakirányú továbbképzés átalakult képzési programmal, csökkenő érdeklődés mellett még ma is folytatódik az egyetemen. Míg korábban kétfévente 20-25 fő szerzett szakmérnöki oklevelet ezen a területen, ma ez a szám 5-10 fő

A környezetvédelmi szakirányú továbbképzések iránti igények változása, ezen a területen is kialakuló specializálódás, szakmai-tudományos ismeretek kibővülése szükségessé tette a szakirányú továbbképzésben is a képzési együttműködést, melynek keretében a Veszprémi Egyetemmel (Pannon Egyetem) közös képzési program is kidolgozásra került. A kidolgozott közös képzési program minden tekintetben a legkorszerűbb ismeretek megszerzését teszi lehetővé, kémiai, környezetanalitikai, biológiai, földtani, hidro- és mérnökgeológiai,

eljárástechnika, hulladékgazdálkodási, meteorológiai, légkörtani, talajtan, környezetirányítási, környezetjogi stb. ismeretek elsajátítási lehetőségét biztosítva. A két intézmény között a képzés során 3 félévet Veszprémben és egy félévet Miskolcon teljesítenek a hallgatók. A miskolci szemeszterben elsősorban a hulladékgazdálkodás, hulladékhasznosítás, hulladék deponálás tématerületei a meghatározók, valamint a környezeti eljárástechnika mechanikai eljárásainak tárgyalása. A közös képzés nagy előnye, hogy a két intézmény jól kiegészíti egymást a művelt szakmai-tudományos területekkel. A szakirányú továbbképzésben kialakult eredményes együttműködés közös pályázatok, oktatási és kutatási munkák területén is hozott eredményeket

#### ***Az önálló környezetmérnök képzés kialakulása és megindulása a graduális képzés keretében***

A nemzetközi szinten tapasztalható változásoknak megfelelően már a 70-es, 80-as években Magyarországon is történtek kezdeményezések arra, hogy a környezetvédelemre önálló szakon történjen képzés. Ennek megfelelően a Miskolci Egyetemen, a Bányamérnök Karon (Műszaki Földtudományi Kar) nappali képzés keretében 1987-ben környezetvédelmi modul létesült, amely a földtudományokra épülő környezetvédelmi szakemberek képzését szolgálta, míg az eljárástechnika modul keretében a környezeti eljárástechnika és hulladékélelőkészítés oktatása is megindult. Több évig tartó vita és szakmai egyeztetés, képzési program előkészítés után 1992-ben a Veszprémi Egyetem és a Miskolci Egyetem kapott engedélyt a nappali képzés keretei között önálló környezetmérnöki szak létesítésére, a környezetmérnöki képzés megindítására.

Az új szak létesítését és indítását megelőző vita első sorban arra irányult, hogy a képzés „generalista” vagy „specialista” szemléletű legyen-e? Vita volt abban is, hogy milyen tudományterületre, mely tudományos diszciplínákra kell a képzésnek épülni. Ma már mindenki számára egyértelmű, hogy a környezetvédelem, a környezettudomány multidiszciplináris, nem lehet csak egy-egy alaptudományra, természettudományi területre felépíteni. Az is világos, hogy a képzésnek vannak generalista és specialista elemei egyaránt. Más-más területen lehet eredményes a vegyészeti tudományokra, a földtudományokra, a biológiára, vagy az eljárástechnikára felépített környezetvédelmi képzés, amellet, hogy a környezetvédelemmel kapcsolatos általános ismereteket mindenhol oktatni kell. Ma a Miskolci Egyetemen a Műszaki Földtudományi Kar gondozásában széleskörű szakmai összefogással folyik a környezetmérnöki képzés, melyben a műszaki karok mellett részt vesznek a jogász, közgazdász, sőt a bölcsész kar oktatói is. Talán ez az összefogás adja a képzés eredményességét és elismertségét.

1992-2006 között ötéves, egyetemi szintű környezetmérnök képzés folyt a Miskolci Egyetemen. 2006 szeptemberétől a magyar felsőoktatásban végbement változásoknak megfelelően a képzés már két lépcsős, minden hallgató a tanulmányait a környezetmérnöki alapszakon (BSc) kezdi meg, ennek sikeres elvégzését követően lehetősége lesz munkavállalásra, vagy tanulmányainak mester (MSc) szinten való folytatására.

Az önálló környezetmérnöki szak mellett környezetvédelmi szakirányok, modulok is működnek a Miskolci Egyetemen, a mérnökmenedzser, az előkészítéstechnika mérnöki szakok keretében. Az önálló szakon és a szakirányokon végzett mérnökök számát az 1. táblázat mutatja.

#### ***Nemzetközi együttműködések a környezetvédelmi szakemberképzésben***

A környezetvédelem mind az oktatás, mind a kutatás területén nemzetközi együttműködést igényel. A fejlettebb gazdasággal rendelkező országok már korábban felismerték a környezetvédelem jelentőségét, ennek megfelelően korábban megindultak az oktatási-kutatási, gazdaságfejlesztési programok, a technikai-technológiai korszerűsítések. Ezek megismerése, a szerzett tapasztalatok átvétele, a jövő szakembereivel való megismertetése elengedhetetlen. Ennek érdekében az egyetem korábbi nemzetközi kapcsolatait kihasználva a környezetvédelem területén is eredményes együttműködést alakított ki. Nagyban segítették az együttműködést a hazai és nemzetközi pályázati lehetőségek, az elérhető pénzügyi támogatások. E tekintetben ki

kell emelni a német DAAD alapítvány, valamint a Tét alapítvány támogatását, amely lehetővé tette, hogy az elmúlt tíz évben számos alkalommal szervezzünk németországi tanulmányutakat környezetvédelmi témában. Az egy-egy hetes tanulmányutakon összességében több mint százötven hallgató vett részt. A szakmai programok keretében a leendő környezetmérnökök megismerhették a német szénbányászat, uránbányászat szanálási, terület rekultivációs és terület rehabilitációs munkálatait, valamint több térségben (Szász tartományban, a Ruhr vidéken) a korábbi ipari tevékenység okozta környezeti károk felszámolását, ipari területek revitalizációját. Ezen túlmenően korszerű szennyvíztisztító telepeket, hulladékgyűjtési rendszereket, hulladékfeldolgozó és hulladékégető műveket, hulladéklerakókat ismerhettek meg és lehetőségük volt világcégek környezetirányítási rendszereinek tanulmányozására is. Szakmai előadásokon, baráti találkozókon szakmai kapcsolatokat tudtak kialakítani.

Az Egyetem, a Karok, a Tanszékek, a professzorok meglévő szakmai-tudományos kapcsolatai alapján az elmúlt tíz évben, évente 5-10 környezetmérnök és előkészítéstechnika-mérnök hallgató 3-6 hónapos részképzésen vett részt elsősorban osztrák és német egyetemeken, de eljutottak hallgatóink Svédország, Belgium és az USA egyetemeire is. Leoben, Berlin, Freiberg, Magdeburg, Clausthal, Zittau, egyetemei évek óta szívesen fogadják hallgatóinkat kutatómunkára, diplomatervük angol, vagy német nyelven történő elkészítésére és megvédésére. A részképzésben résztvevők közül többen a diploma megszerzése után kutatói ösztöndíjjal kerülnek vissza a külföldi egyetemre, ahol később PhD fokozatot is szereznek. 1996-2006 között több mint ötven hallgató készítette szakdolgozatát külföldi egyetemen. A hallgatói mobilitást nagyban segítik az Erasmus, a Socrates, vagy a Leonardo nemzetközi együttműködési programok. Sajnos lehetőségeinket nem tudjuk minden esetben kihasználni részben a nem megfelelő nyelvtudás, vagy a vállalkozó készség hiánya miatt.

Ma már az EU-ban több területen kialakultak közös képzési programok, egyeztetett oktatási anyaggal. A nyersanyagkutatás és termelés, a környezetvédelem jól felkészült közel azonos ismeretekkel bíró, nemzetközi együttműködésre képes mérnököket igényel. A nyolcvanas évek végére, kilencvenes évek elejére legtöbb európai egyetem számára világossá vált, hogy ha továbbra is igényes és magas színvonalú képzést akarnak nyújtani, akkor az eddigiektől eltérő, innovatív megoldást kell találniuk. 1996-ban a Műszaki Egyetem Delft kezdeményezésére jött létre az első, négy egyetemet összefogó (RWTH Aachen, a TU Delft, a HUT Helsinki és a RSM London) képzési együttműködés az EMC (European Mining Course - Európai Bányászati képzési kurzus). Ugyanez a négy egyetem 1998-ban létrehozta az EMEC (European Mineral Engineering Course - Európai Eljárástechnikai képzési kurzus) képzést azzal, hogy itt különösen nagy hangsúlyt kapjon a hulladékok (másodnyersanyagok) újrahasznosítása (recycling). A Berlini Műszaki Egyetem (TU Berlin), Bergakademie Freiberg, Műszaki Egyetem Wrocław, Kassai Műszaki Egyetem (Faculta BERG) és a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kara 2000-ben létrehozta az EGEC (European Geotechnical and Environmental Course, Európai Geotechnikai és Környezeti Képzési Kurzus) közös képzési kurzust, kidolgozta a programokat. Ma már ezek a képzési programok egy közös európai szervezetbe a FEMP-be tartóznak. A képzések átjárhatók, a képzést jelentős mértékben támogatják nagy multinacionális világcégek, akik szakmai gyakorlati helyek biztosításával, jelentős pénzügyi hozzájárulással segítik a programok sikerét. A közös programok keretében megvalósuló mesterképzés (MSc) nagyon sikeres, ma már évente, programonként 15-20 hallgató vesz részt a képzésben, az EU tagállamok diákjain kívül kínai, vietnami, és amerikai hallgatók is bekapcsolódtak a programokba.

### ***Szakmai, szakirányú továbbképzések***

Az Európai Unióhoz történő csatlakozásunkat felkészítendő, ill. a belépést követő időszakban igény jelentkezett a területfejlesztéssel kapcsolatos települési és regionális feladatok oktatására szakirányú továbbképzés keretében. A Gazdaságtudományi Kar gondozásában az

Európa tanulmányok szak és a Terület és településfejlesztés menedzser szak képzési programjában is kiemelt szerepet kap a környezetvédelem, a fenntartható településfejlesztés kérdése. Ezeken a szakokon végzettek számát a 2. táblázat mutatja.

A környezetvédelemmel kapcsolatos hazai jogszabályok kidolgozása, az Európai joganyag honosítása, fejlett hulladékkezelési technikák és technológiák megismertetése szükségessé tette a környezetvédelem területén dolgozó szakemberek továbbképzését is. A Miskolci Egyetemen részben az itt dolgozó oktatók és kutatók, részben a gyakorlati szakemberek bevonásával az elmúlt tíz évben nagy érdeklődésre számot tartó szakmai továbbképző tanfolyamokat szerveztek főhatósági felkérésre, pályázat elnyerésével, vagy saját kezdeményezésre. Ezeken a továbbképző tanfolyamokon a régió szakemberein kívül az egész országból érkeztek résztvevők. A 3. táblázat a teljesség igénye nélkül mutatja a szakmai továbbképző tanfolyamok témaköreit, a résztvevők létszámadatait.

Ezen túlmenően az egyetem kezdeményezésére, közreműködésével évente 3-5 szakmai-tudományos konferencia kerül megszervezésre a környezetvédelem témakörben hazai és nemzetközi előadókkal és részvétellel.

### ***Környezetvédelmi kutatási tevékenység***

Az oktatás és a kutatás egymástól elválaszthatatlan szoros egységet kell, hogy alkosson. Igaz ez a Miskolci Egyetemre, a környezetvédelem szakmai területére is. A képzésben résztvevő professzorok, oktatók, hallgatók jelentős kutatási, fejlesztési innovációs tevékenységet végeznek hazai és nemzetközi együttműködésben. Sajnos a kutatások megbízói, résztvevői, az eredmények hasznosítói ritkán köthetők a régióhoz. Ezen a területen is igaz az a mondás, hogy „Senki nem lehet próféta saját hazájában”. A kutatások, innovációs és fejlesztési tevékenység nemzetközi, hazai és regionális programok keretében, gazdasági vállalkozások igényei alapján folynak. Ma már a kutatásokat kisebb (3-5 résztvevő) nagyobb (20-25 résztvevő) konzorciumok keretében végzik. Egy-egy kutatási program összértéke több tízmillió Euró, amely lehetőséget ad arra, hogy a nemzetközi kutatási társulások jelentős és szakmailag hasznosítható eredményeket érjenek el. A több évre szóló kutatási programok, a biztosított kutatási források viszonylag nagy biztonságot jelentenek, de eredmény centrikusak. Aki nem teljesíti a vállalt feladatokat annak, anyagi és erkölcsi következményei vannak. A sikeres kutatási programokban részt vevő tanszékek, kutatók megteremtik az alapját annak, hogy a jövőben is igényeljék a partnerek közreműködésüket. Ezek a kutatási programok számos fiatal bekapcsolódását is elősegítik a hazai és nemzetközi szakmai-tudományos közéletbe. A 4-a, 4-b, 4-c táblázatok, nem törekedve a teljességre, áttekintést adnak azokról a kutatási programokról, amelyek az elmúlt években és jelenleg futnak a Miskolci Egyetemen.

### ***Szakértői, szakmai közéleti tevékenység***

Az Egyetem oktatói szakértőként számos hazai és nemzetközi bizottságban dolgoznak, így közreműködtek a Nagybányai ciánszennyezés okait és környezeti hatásait feltáró bizottságban és jelenleg kollégáink is közreműködnek a Verespatakon tervezett létesítmény környezeti hatásvizsgálatát kidolgozó nemzetközi bizottság munkájában. Ezen túlmenően számos olyan környezetvédelemmel kapcsolatos feladat, szakmai probléma van, amelyek megoldásában az egyetem oktatói-kutatói jelentős munkát vállaltak és vállalnak ma is. Ismét a teljesség igénye nélkül néhány olyan szakmai feladatot mutatok be amelyekben jelentős munkát végeztek és végeznek ma is kollégáink:

- Részvétel a hulladékgazdálkodási törvény, valamint további a környezetvédelemhez kapcsolódó törvények, rendeletek kidolgozásában.
- Részvétel a hulladéklerakók tervezése-kivitelezése-üzemeltetése témában a műszaki irányelvek kidolgozásában.

- Részvétel a szennyezett területek felmérése és kármentesítési programban.
- Hulladékok minősítő, mintavételezési rendszerének kidolgozása.
- Regionális hulladékkezelő rendszerek koncepcionális és megvalósíthatósági tanulmányainak kidolgozása.
- Energiatermelő rendszerek környezeti hatásainak felmérése, csökkentése.
- Hulladéklerakók rekultivációs programja, tervezés és műszaki ellenőrzés.
- Hulladékhasznosítási eljárások kutatása.
- Környezeti állapotfelmérések, környezeti hatásvizsgálatok.
- Környezeti kockázatelemzések, egységes kockázatelemzési eljárás kidolgozása.
- Önkormányzati és hatósági szakemberek környezetvédelmi továbbképzése.
- EU jogharmonizáció a környezetjog területén.
- Környezetvédelmi eljárások és berendezések kutatása és fejlesztése.
- Fenntartható fejlődés, fenntartható természeti erőforrás-gazdálkodás kutatása.
- Szakértői tevékenység a kis és közepes, valamint a nagyaktivitású radioaktív hulladéklerakó helykiválasztásában, a megvalósíthatóság vizsgálatában és kidolgozásában. Szakértői tevékenység a hazai vízbázis védelmi programban.

Az egyetem munkatársai feladatokat vállalnak a szakmai-tudományos szervezetekben, szakmai érdekképviseletekben, szakértőként segítik a régió környezetvédelmi programjainak kidolgozását, a környezeti ipar térségben történő letelepedését. Ma már biztosan állítható, hogy a környezetvédelemmel kapcsolatos oktatási és kutatási feladatok jelentős területet képeznek az Egyetem tevékenységében.

#### ***Záró gondolatok***

Egy tanulmány keretében nagyon nehéz összefoglalni mindazt a tevékenységet, ami jellemzi a Miskolci Egyetem kapcsolatát a környezettudományhoz, a környezetvédelemhez. Mivel saját szűkebb szakterületemről részletesebb ismeretekkel rendelkezem így talán ezeket jobban kiemeltem, de a sokrétűség és a széleskörű hazai és nemzetközi együttműködés így is látható. Ma már egyetlen szakterületen, így a környezetvédelem területén sem lehet hazai és nemzetközi együttműködés nélkül eredményeket elérni. A bemutatott programok bizonyítják, hogy a Miskolci Egyetem nagyon aktívan vesz részt a hazai és nemzetközi oktatási-kutatási együttműködésekben, eredményeit ismerik, elismerik. Sajnos a régióban, a szűkebb pátriánkban még nem tudunk olyan eredményesek lenni, mint máshol. Sajnálatos tény, hogy az egyetem szellemi potenciálját a környezetvédelem területén az ország más területein, külföldön nagyobb mértékben veszik igénybe, mint itt. Sajnálatos az is, hogy az itt végzett szakemberek egy jelentős része nem ebben a régióban hasznosítja tudását, pedig itt is nagy szükség lenne rá. A régiófejlődése a jelenleginél intenzívebb együttműködést igényelne. Bízom abban, hogy a tanulmányomban ismertetett eredmények, tények hozzásegítenek bennünket ahhoz, hogy a jelenlegi helyzet, kedvezően változzon.

1. táblázat: A környezetmérnöki szakon és a környezetvédelmi szakirányokon végzett mérnökök száma

Év	Környezetmérnöki szak	Előkészítéstechnika mérnöki szak, Környezeti eljárás technikai és hulladékélelőkészítési szakirány	Mérnökmenedzser szak Környezetvédelmi szakirány
1997	15	4	-
1998	30	8	-
1999	48	14	-
2000	41	15	-
2001	29	12	-
2002	28	14	14
2003	44	16	27
2004	45	15	34
2005	41	19	27
2006	33	8	24

2. táblázat: Az Európa tanulmányok szakon és a terület- és településfejlesztés menedzser szakon végzetek száma

Év	Európa tanulmányok szak	Terület és településfejlesztés menedzser szak
2002	53	13
2003	5	8
	1	
2004	49	5
2005	56	25
2006	73	51

3. táblázat: Környezetvédelmi témájú szakmai továbbképző tanfolyamok

Sor-Szám	Szakmai továbbképző tanfolyam témája	Időpont	Résztvevők
1.	Kommunális szilárd hulladék lerakók üzemeltetése és kezelése	1995	50 fő
2.	Települési szilárd hulladék-gazdálkodás pénzügyi kérdései	1995.	50 fő
3.	A központi és területi igazgatási szerveknél, engedélyező hatóságoknál dolgozó hulladékgazdálkodási szakértők természettudományos ismereteinek fejlesztése	2001	40 fő
4.	A központi és területi igazgatási szerveknél engedélyező hatóságoknál dolgozó hulladékgazdálkodási szakértők szakmai továbbképzése hulladékhasznosítás témakörben	2001	40 fő
5.	A központi és területi igazgatási szerveknél engedélyező hatóságoknál dolgozó hulladékgazdálkodási szakértők szakmai továbbképzése hulladékégetés témakörben	2001	50 fő
6.	A központi és területi igazgatási szerveknél engedélyező hatóságoknál dolgozó hulladékgazdálkodási szakértők	2001	50 fő

Sor-Szám	Szakmai továbbképző tanfolyam témája	Időpont	Résztvevők
	szakmai továbbképzése hulladéklerakás témakörben		
7.	Önkormányzati munkatársak hulladékgyűjtési továbbképzése	2002	50 fő
8.	Hulladékgyűjtési terv készítése az önkormányzatoknál	2003	350 fő
9.	Elektronikai hulladékok kezelése és előkészítése	2004	50 fő
10.	Építési hulladékok előkészítése	2005	50 fő

4-a. táblázat: Nemzetközi kutatási programok

Program	Kutatási téma	Futamidő
EU-PEREBAR	„Long-term Performance of Permeable Reactive Barriers used for the Remediation of Contaminated Groundwater”	2000-2003
NATO SFP (SQUASH Project)	„Quantitative and qualitative hydrogeological study of the alluvial aquifer of Somes-Szamos (Romania-Hungary)”	2001-2003
EU 5. program	„Iron Curtain“ Területhasználat optimalizálása az egykori vasfüggöny mentén”	2001-2004
EU-TAILS SAFE	„Sustainable Improvement in Safety of Tailing Facilities”	2003-2006
EU6 REDILP	„Recycling of EAF Dust by Integrated Leach-grinding Process”	2003-2005
LIFE projekt (RESOLVED).	„Recovery of Solar Valuable Materials, Enrichment and Decontamination”	2004-2007
Japán-Magyar kutatás	„Bio-Briquet Technology as an alternative energy source”	2004-2006
Német	„Grundlegende Untersuchungen zum Zusammenwirken verschiedener erneuerbarer Energieformen mit Brennstoffzellen-BHKW als Basis optimierter Systeme Erneuerbarer Energien”	2003-2006

4-b. táblázat: Országos kutatási programok

Program	Kutatási téma	Futamidő
KVM	Szennyezett területek kármentesítése	1995-2003
KVM	A hulladéklerakók helykijelölésének, tervezésének, kivitelezésének geotechnikai kérdései	1992 –2004
KVM	Vízbázisok vízkészletének mennyiségi és minőségi védelme	1995-2005
OTKA	Szénerőművek füstgáz-kéntelenítéséből származó REA-gipsz és víz környezeti hatásainak vizsgálata	2000-2005
NKFP	Környezeti hatásvizsgálat, életciklus elemzés, fejlesztések ökohatékonyosságának vizsgálata	2001-2004
OTKA	Hulladéklerakók és környezetük állapotfelmérése geofizikai módszereinek fejlesztése	2003-2005
OTKA	„Geotermikus energiatermelő rendszerek hőveszteségeinek	2003-2006

Program	Kutatási téma	Futamidő
	minimalizálása	
OTKA	Eljárástechnikai berendezések zaja és technológiai-műszaki jellemzői összefüggésének kutatása,	2003-2006
OTKA	Finomdiszperz fémhulladékok flotációs visszanyerésének fenomenológiai modellezése,	2004-2007
NKFP	Élővizek iszap-metesítése hidromechanizációval, komplex iszapkezeléssel	2004-2007
NKFP	A hazai szénbiobrikettgyártás megalapozását szolgáló kutatás-fejlesztés	2004-2007
GVOP	Szennyvíziszap és hígtrágya büztelenítése, stabilizálása	2004-2007
GVOP	Pernyebázisú kötőanyag előállítását szolgáló technológiai rendszer kifejlesztése	2004-2007
GVOP	Települési szilárd hulladékok hasznosítása nemzetközi előírásoknak megfelelő alternatív tüzelőanyag előállításával	2004-2007
GVOP	Elhasznált elektromos és elektronikai kisgépek mechanikai-technológiai feldolgozó rendszerének kifejlesztése	2004-2007
GVOP	A hazai on-line LCA adatrendszer kialakítása a vállalkozások környezetbarát fejlesztésének támogatására	2005-2006

4-c. táblázat: Régiós kutatási programok

Program	Kutatási téma	Futamidő
Miskolc	Miskolc város felszínén hátrahagyott hulladékainak, ill. szennyezés-gyanús helyeinek felmérése (2001)	2001-2002
Miskolc	A Bükkben keletkezett kitermelhető karsztvíz-készlet folyamatos meghatározásának módszere	1992-
Miskolc	Avas K-i domboldal mozgásmegfigyelő hálózatának ellenőrző mérése	folyamatos
Vállalati	A bükkábrányi külfejtés víztelenítési hatásterületén a vízszintsüllyedés és felszínmozgások kapcsolatának meghatározása	1990-
Vállalati	A csapadék, a talajvíz és a rétegvízszintek kapcsolatának meghatározása a Mátra-Bükkalja-i külfejtések területén	1990-
ISPA	Miskolci Regionális Hulladékgazdálkodási Projekt Kommunikációs stratégiáját megalapozó kutatás	2004
ISPA	Sajó-Bódvavölgyi Hulladékgazdálkodási rendszer kialakítása és megvalósítása	2000-2005
PHARE	Telkibánya környezeti állapotfelmérése, oktatási központ és bányászati skanzen létesítése	2004-2005
Baross Gábor	Tisztább termelési és minőségjavítási lehetőségek az észak-Magyarországi régió kavicsbányáiban	2006-2007

## PhD disszertáció védések a Miskolci Egyetem Gazdaságtudományi Karán

*Bakos István*

2006. szeptember 22-én került sor Zsúgyel János, a Világ- és Regionális Gazdaságtan Intézet egyetemi adjunktusa „Az Európai Unió regionális politikája és hatása a területi kiegyenlítődésre” című PhD disszertációjának nyilvános vitájára.

A disszertáció alapjául szolgáló kutatásokban a jelölt azt vizsgálta, hogy az Európai Unió regionális politikája mennyiben járult hozzá a területi fejlettségi különbségek mérsékléséhez. A kutatás keretében bemutatásra került az Európai Unió regionális politikája célrendszere kialakulásának folyamata, illetve az egyéb közösségi politikákkal való kapcsolatrendszer. Ezt követően az Európai Unió területi konvergencia folyamatának elemzése történt meg a régiók, valamint a tagállamok szintjén.

A kutatás eredményeit összefoglaló tézisek megállapítják, hogy az Európai Unió regionális politikájának célrendszere ellentmondásos, mivel a többi politikai célokkal, különösen a költségvetési politika céljaival kölcsönös függésben alakult, ezért a regionális konvergencia folyamatához való hozzájárulás mértéke csak korlátozott lehetett az elmúlt időszakban.

A disszertáció kvantitatív elemzései alapján az a következtetés adódik, hogy a regionális konvergencia alapvetően a gazdasági növekedés korszakaihoz kötődik, s a regionális politika hatása csak korlátozott a tagállamok közötti területi kiegyenlítődésre a gazdasági hanyatlás és stagnálás időszakában. A közösségi regionális politika hatása a régiók szintjén jelentkezik a legerőteljesebben, mivel a kohéziós politika által kedvezményezett országokban számos régió erőteljesen javította relatív helyzetét az 1986-1997 közötti időszakban.

A nyilvános vitában a jelölt a disszertáció téziseit summa cum laude minősítéssel védte meg. A professzor Czabán János CSc által vezetett bizottságban az opponensi feladatokat Gál Zoltán CSc (MTA Regionális Kutatások Központja Pécs) és Losoncz Miklós CSc (Gazdaságtudományi Intézet Budapest) látta el. A disszertáció témavezetője professzor Kocziszky György CSc volt.

2006. szeptember 26-án került sor a Miskolci Egyetemen Bartha Zoltán Az üzleti tudás sajátosságai és hozzáférhetőségének körülményei című doktori disszertációjának nyilvános vitájára.

A dolgozat az üzleti tudás, különösen annak a vállalati és az alkalmazotti kapcsolatban megtestesülő részének földrajzi koncentrációját tárgyalja. A koncentráció kimutatására a magyar ipari parkokba betelepült vállalatok számát, ill. a parkokban alkalmazottak létszámát használja fel a szerző, és a dolgozatban bizonyítja, hogy az ipari parkok skálafüggetlen topológiaival írhatók le mindkét említett jellemzőjük alapján. A skálafüggetlen eloszlásra jellemző az integrált csomópontok jelenléte, ezek a csomópontok pedig a tudás koncentrátságát bizonyítják.

A vita során kiderült, hogy a bizottság (melynek elnöke Dr. Szintay István volt, tagjai pedig Dr. Balaton Károly, Dr. Szakály Dezső, Dr. Czabán János, Dr. Varga József és Dr. Karajz Sándor) az üzleti tudás sajátosságait kimondó téziseket megalapozó, szintetizáló jellegűnek tartja (T1, T2, T3). Újszerűnek minősítették az üzleti tudás mobilitását tárgyaló téziseket (T4, T5), amelyek a rejtett tudást részben immobilnak, tehát munkaerő-jellegűnek nevezik, a kifejtett tudást pedig tökejellegűnek, tehát mobilnak. Végül új eredményeket kimondónak találták a T6, T7 és T8 téziseket, amelyek az üzleti tudás koncentrációjának tesztelésére vonatkozó állításokat tartalmaznak, a koncentrátság kiaknázásának lehetőségeire adnak tanácsokat, ill. ajánlásokat fogalmaznak meg az ipari parkoknak a csomóponti szerep erősítésének lehetséges módozataira.

A nyilvános vita tárgyát képező disszertáció, ill. téziszfüzet letölthető a Miskolci Egyetem Gazdaságtudományi Karának honlapjáról (<http://www.gtk.uni-miskolc.hu/phd/hirek.htm>), ill.

további információkért a szerzőhöz fordulhatnak az érdeklődők a [zolib@hu.inter.net](mailto:zolib@hu.inter.net) emailcímen, vagy a Gazdaságtudományi Intézet címén: H-3515 Miskolci Egyetem, (46)565-194.

### **Területfejlesztő hallgatók államvizsgái a Miskolci Egyetem Gazdaságtudományi Karán**

*Győrffy Ildikó*

A 2005/2006-os tanévben nyolcadik alkalommal került sor a Miskolci Egyetem Gazdaságtudományi Karán a Terület- és településfejlesztési menedzser szakos, végzős hallgatók államvizsgájára, melynek része szakdolgozatuk megvédésére. A Regionális Gazdaságtan Tanszék által vezetett posztgraduális képzésben 29-en végeztek, így idén 141-re nőtt a Miskolcon diplomát szerzett területfejlesztő szakemberek száma.

Végzőseink, akik mögött öt féléves, sikeresen lezárt tanulmányi időszak áll, az oklevél birtokában kívánnak elhelyezkedni vagy munkakört változtatni. A hallgatók nagy része azonban már a képzés kezdetén területfejlesztési szakterületen dolgozott, és szakmai ismereteinek bővítése, korszerűsítése céljából jelentkezett az új diploma megszerzésére.

A korábban végzett hallgatókkal is szoros kapcsolatot tartunk: 2002-ben megalakult a Terület- és Településfejlesztők Magyarországi Egyesülete, melynek tagsága az idén végzettekkel nőtt. Az egyesület az érdekképviseleti tevékenységén túl szakmai rendezvényeket tart. Ezek körében legjelentősebb az évenkénti országos vándorgyűlés, amely mindig más-más helyszínen kerül megrendezésre, elsősorban a tagság számára „Régiók találkozása” elnevezéssel.

A területfejlesztő hallgatók záróvizsgájukat az idén is szakdolgozatuk védésével kezdték, közülük 14-en választottak az Észak-magyarországi régióhoz kapcsolódó témát (1. táblázat), melyek tartalmát a következőkben foglalom össze röviden.

Két olyan szakdolgozat született, amely a képzési, átképzési rendszerekhez kapcsolódóan a munkanélküliség problematikájával foglalkozott.

*Dr. Bazsó Aron* a foglalkoztatás ágazati strukturáját vizsgálta, elsősorban a felnőttképzési rendszerek áttekintésével. A munkanélküliség, inaktivitás és foglalkoztatási struktúra helyzetének elemzését követően nemzetközi összehasonlításokkal kiegészítve a felnőttképzés és a munkaerő-átképzés rendszerének bemutatását végezte el. A problémákra megoldást kereső javaslatai a fejlesztés irányaira, korszerű elveire és modelljeire terjedt ki. A szerző nagy hangsúlyt helyezett a munkavállalás ösztönző szerepére, a munkanélküliek és inaktív munkaerőpiaci visszatérésének előmozdítására a régióban.

*Ragályiné Hajdú Zsuzsanna* a szakképzés-fejlesztés regionális perspektíváit vizsgálta. Gazdasági tekintetben egyik legsúlyosabb problémaként a régió országosnál lényegesen magasabb arányú munkanélküliségét emelte ki. Gondot jelent, hogy a szakképzés tartalmi és szerkezeti fejlesztése függ a gazdasági helyzettől, az intézmények nem, vagy csak nehezen tudnak olyan irányvonalat meghatározni a fejlesztésükben, ami a foglalkoztatás bővülését eredményezné. Nehéz regionális szemléletben tervezni, a települési érdekek sok esetben nem esnek egybe a térségi, regionális érdekekkel. Bár a fejlesztés irányvonalaai meghatározhatóak, azonban az további kérdéseket vet fel, hogy milyen módon épülnek be a régió belüli fejlesztés tervezésébe.

*Mészáros Sándorné* a nők vidékfejlesztésben betöltött szerepét vizsgálta, különös tekintettel Edelényben és kistérségében. A dolgozat fő célkitűzése a vidéki nők helyzetének, ezen belül esélyegyenlőségének elemzése volt. A szigorló hallgató vizsgálta továbbá a nőknek a vidéki térségek fejlesztésében betöltött funkcióit és ezen funkciók ellátására való felkészültségét. Ezt egy konkrét példával is illusztrálta. A szerző Edelény száz háztartásában végzett kérdőíves felmérést a nők családon belüli és munkaerőpiaci helyzetének, közéleti szerepvállalásának

feltárása érdekében. A kérdőívek kiértékelésére alapozva megállapította hogy a nők egzisztenciális helyzetének javítása a vidékpolitika szempontjából is kiemelt fontosságú.

*1. táblázat:* Az Észak-magyarországi régióhoz kapcsolódó szakdolgozatok a Terület- és településfejlesztési menedzser szakon a 2005/2006-os tanévben

Hallgató neve	Szakdolgozat címe
Bazsó Áron dr.	A humán erőforrás fejlesztés vizsgálata a régióban, különös tekintettel a felnőttképzésre a globalizáció és a munka világának átalakulása kapcsán.
Csabák István	Érsekivádkert információs társadalom stratégiája.
Fekete Tamás	Tokaj-Hegyalja mint regionális turisztikai központ.
Fink Tamás	Tiszalúc szennyvízhálózatának és szennyvíztisztító telepének kiépítése.
Garamvölgyi Attila	Az ökoturisztika fejlesztési lehetőségei Borsod-Abaúj-Zemplén megyében.
Kiss Zsuzsanna	Borutak Tokaj-Hegyalján, szerepük és fejlesztési lehetőségeik a térség turizmusmarketingjében.
Mészáros Istvánné	Nők a vidékfejlesztésben – Edelény város, mint kistérségi központ jelene és várható jövője.
Pálinkás Bojána	Egy kísérleti LEADER program elemzése a Ménes-patak mentén.
Puskás Dániel	Az Észak-magyarországi decentralizált regionális intézményi és pályázati rendszerek elemzése.
Ragályiné Hajdú Zsuzsanna	A szakképzés-fejlesztés regionális perspektívái.
Szénégető Szilvia	A miskolci Szinva-patak hatása Miskolc társadalmi- gazdasági folyamataira.
Tomcsák Ivett	Az Abaúj-Zempléni kistérség komplex hulladékgazdálkodási rendszerének megvalósítása.
Vincze Balázs	Természeti tájmegőrző tevékenység az ózdi kistérségi társulás három településén.
Vinczéné Telegdi Erzsébet	Sajókeresztúr település fejlesztési lehetőségei a BÉM iparterület árnyékában, különös tekintettel a környezet védelmére.

Tokaj térségének elemzését és fejlődési lehetőségeit Fekete Tamás és Kiss Zsuzsanna tekintette át más-más oldalról megközelítve.

*Fekete Tamás* Tokaj-Hegyalja turizmusát vizsgálta több szempont alapján, áttekintette a térség idegenforgalmi helyzetét, fejlesztési lehetőségeit, a világörökségi címmel járó előnyöket. A borvidék egyik legnagyobb problémájának, a vendégéjszakák alacsony számának okait elemezte a szerző a dolgozat első részében. Ezt követően a térség turisztikai versenyképességének két tényezőjére, a kínálat színvonalának emelésére és a marketing fejlesztésére tett javaslatokat. Ennek keretében kifejtette, hogy Tokaj-hegyalja turisztikai kínálatának ismertsége, a kereslet növelése érdekében hatékonyabb marketing eszközökre van szükség, többek között egységes borvidéki arculat, térségi szemlélet kialakítására, egy-egy látványosság kiemelése helyett a borvidék egészének turisztikai vonzerőit ismertető információs rendszerek bővítésére.

*Kiss Zsuzsanna* más szempontok alapján elemezte Tokaj-Hegyalja lehetőségeit. Diplomamunkájában bemutatta a borvidéken élő emberek borhoz fűződő hagyományait, felmerülő problémáikat, javaslatot tett ezen nehézségek feloldására, a fejlődés elősegítésére. A szerző elsősorban a borvidék területén működő borút egyesületeket és a térségben élőkre gyakorolt hatását vizsgálta. Az elemzések során arra a megállapításra jutott, hogy a nem

egységesen szerveződő borutak gátolják egymás működését, nem tudják külön-külön reprezentálni Tokaj vidékét teljes körűen, az összefogásra, a koordinációra tehát egyre nagyobb szükség van.

Több szakdolgozati téma is egy-egy projekt vagy stratégia környezetére gyakorolt hatására vagy pályázati- és intézményrendszer vizsgálatára épült.

*Csabák István* Érsekivadkert község információs jövőképének lehetőségét vizsgálta dolgozatában. Elsősorban azokat a pontokat emelte ki a szerző, amelyek alapján megvalósítható a település információs fejlesztése. A helyzetelemzésben a társadalmi-gazdasági-társzerkezeti kapcsolatrendszeri mutatókat tekintette át, melyek alapján 15 operatív programjavaslatot foglalt össze a stratégiában. A dolgozat második felében bemutatásra kerültek a nem profitorientált programok, valamint a lehetséges költség-haszon elemzési módszerek.

*Pálinkás Bojána* a Ménes-patak menti térség vidékfejlesztési programjának elemzését választotta. A kísérleti LEADER program a minőségi életfeltételek kialakulására, a roma népesség beilleszkedésének elősegítésére törekedett. Dolgozatában a hallgató elemezte a térség előtt álló feladatokat; a helyi szereplők aktivizálását és cselekvésre ösztönzését, a legelmaradottabb területek feltárását, hálózatok kiépítését, a vidék önszerveződésének fejlesztését, valamint az alulról jövő kezdeményezések támogatását és integrálását a fejlesztési programokba. A dolgozat készítőjének megállapításai szerint mintát adtak a térségben élők számára, hogy milyen kitörési pontok jelentenek lehetőséget a felzárkózáshoz, megkezdődött az együtt gondolkodás és a cselekvés a térségben élők sorsának jobbá tételére.

*Szénégető Szilvia* a miskolci Szinva-patak Miskolc társadalmi- gazdasági folyamataira irányuló hatásaival foglalkozott diplomamunkájában. Külföldi példákkal támasztotta alá, hogy érdemes kiemelten kezelni egy város fejlesztése során a területén lévő vízfolyást. Dolgozatának keretein belül készített egy komplex fejlesztési koncepciót, melyet a patak folyásiránya szerint épített fel. Ez alapján a Szinva városfejlesztési, turisztikai, ökológiai szempontból a város ütőerevé válhatna. A vízfolyás egyes szakaszain rekreációs parkok, sétányok, sportpályák megvalósítását javasolja a szerző. Végül javaslatot tesz a beruházások pályázati és magánérés forrásaira.

*Puskás Dániel* szakdolgozatában az Észak-magyarországi decentralizált regionális intézményi és pályázati rendszereket tekintette át. Munkájának célja a régió területfejlesztési intézményeihez szorosan kötődő pályázati rendszerek működésének és tervezési folyamatának elemzése volt. Vizsgálati eredménye értelmében az uniós forrásokból megvalósuló felzárkóztatás igazán akkor lehetne hatékony, ha a források nagysága, valamint a támogatásra vonatkozó döntési kompetencia kapcsán a jövőben a mostaninál nagyobb mértékű decentralizáció valósulna meg. A szerző a meglévő korlátok ellenére kedvezőnek ítéli meg a régió területfejlesztési intézményeinek munkáját, az uniós források koordinációja terén.

Öt olyan dolgozat is készült, mely egy-egy térség környezetvédelmének helyzetével, a fenntartható fejlődés megvalósításával foglalkozik.

*Fink Tamás* Tiszalúc szennyvíztisztításának lehetőségeit, a település szennyvíztisztító telepét és a csatornázottsághoz kapcsolódó problémákat mutatta be. Az esettanulmány elemzését követően a szerző által készített kérdőív került kiértékelésre. A szakdolgozat záró részében Tiszalúc csatornahálózatának kiépítésére és a körömi szennyvíztisztító telephez történő csatlakozására vonatkozó részletes tervek és források szerepelnek megvalósítási szakaszonként, a szennyvízkezelés környezeti és gazdasági hatásának költség-haszon elemzése mellett.

*Garamvölgyi Attila* Borsod-Abaúj-Zemplén megye ökoturizmusának lehetőségeiről írta szakdolgozatát, megkülönböztetett figyelmet fordítva a magyar-szlovák határszakasz, valamint a megye azon területeire, amelyek rendelkeznek megfelelő adottságokkal, de mégsem indultak fejlődésnek ezen a téren. A dolgozat készítője összefoglalásában Borsod-Abaúj-Zemplén megye ökoturizmusának helyzetét kedvezőnek ítéli. Javaslatot tesz egy színvonalas „turisztikai

termékcsomag” kifejlesztésére, valamint a víziturizmus feltételeinek javítására, amely az interregionális és hazai gazdasági-társadalmi kohézió erősödését is elősegíthetnék.

*Tomcsák Ivett* dolgozatát az Abaúj-Zempléni kistérség komplex hulladékgyűjtési rendszerének megvalósításáról készítette. Célja elsősorban az volt, hogy rámutasson a szilárd hulladékok szelektív újrahasznosításának, illetve ártalmatlanításának fontosságára. A dolgozatban bemutatott komplexum létrehozásával az illegális hulladéklerakók felszámolhatóvá válnának a térségben. A hulladék kommandó és hulladékdepó szerepének, az eszközállománybővítés módjainak bemutatása, a középtávú fejlesztési lehetőségek ismertetése során költség-haszon elemzést is végzett a szerző.

*Vincze Balázs* az ózdi kistérségi társulás három települése, Borsodbóta, Sajómercse és Uppony természeti tájmegőrző tevékenységét elemezte. Vizsgálta, hogy milyen helyi sajátosságok különböztetik meg a falvakat a térségen belül, milyen a közöttük lévő információcsere és a térségi szinttel való kapcsolattartás. Bemutatásra kerültek a vizsgált települések saját és közös projektjei, tervei. A dolgozat fő megállapítása, hogy a jövőre nézve a legnagyobb kihívást a helyi lakosság környezettudatosságának, valamint a falvak és városok kapcsolatának erősítése jelenti, melyre javaslatokat is megfogalmazott a szigorló hallgató.

*Vinczéné Telegdi Erzsébet* Sajókeresztúr település fejlesztési lehetőségeit tekintette át a BÉM iparterület árnyékában, különös tekintettel a környezet védelmére. A dolgozatban a település és az iparterület története, jövőképe fogalmazódott meg, valamint együttműködésük lehetősége, a közös célok és feladatok kijelölése. A szerző legfőbb és legszükségesebb feladatként a település szennyvízcsatorna hálózatának megépítését hangsúlyozta. Vizsgálta környezetszennyező hatását, a beruházás esetleges elmaradásának következményeit és az önkormányzati feladatokat.

Az elkészített szakdolgozatokat sokoldalú problémafelvetés, szakszerűség, módszertani megalapozottság jellemezte. Olyan lehetséges megoldásokat vetettek fel a területfejlesztési menedzser jelöltek, melyeknek reális a gyakorlati alkalmazhatósága, alapjául szolgálhatnak a vizsgált térségek, települések fejlesztési programjainak, projektjeinek, elősegíthetik a regionális gazdasági növekedést és fejlődést.

#### **Az Eszterházy Károly Főiskola gazdálkodási szakán terület- és településfejlesztési témában szakdolgozatot készítő hallgatók 2005/2006 tanévben**

*Baksa Sára*

Az Eszterházy Károly Főiskolán tanár szakos, gazdálkodási szakon belül vállalkozási, marketing és turizmus szakirányú, továbbá idegenforgalmi szakmenedzser szakos hallgatói összesen 16 terület- és településfejlesztési témájú szakdolgozatot készítettek a 2005/2006-os tanévben.

Ssz.	Név	Szak	Szakdolgozat címe
<b>2005</b>			
1.	Kolozsvári Zsófia	Gazdálkodási szak vállalkozási szakirány	A területfejlesztés, a területfejlesztési koncepciók az egri és a tiszafüredi kistérség tükrében
2.	Mátó Edit Katalin	Gazdálkodási szak Marketing szakirány	Kompenzációtámogatások, területfejlesztési rendszer az EU-ban
3.	Szél Miklós	Gazdálkodási szak Turizmus szakirány	Aggteleki Nemzeti Park térsége, kiemelten Rudabánya nagyközség

Ssz.	Név	Szak	Szakedolgozat címe
<b>2005</b>			
			lehetőségei az idegenforgalomban
4.	Tiba Ádám László	Idegenforgalmi szakmenedzser szak (felsőfokú szakképzés)	Debrecen bemutatása és fejlesztési lehetőségei idegenforgalmi szempontból
5.	Dudás Tamás	Idegenforgalmi szakmenedzser szak (felsőfokú szakképzés)	Eger város fejlesztési elképzelései az Európa Kulturális Fővárosa cím tükrében, valamint azok finanszírozási lehetőségei
6.	Fehér Kornélia	Idegenforgalmi szakmenedzser szak (felsőfokú szakképzés)	Egy történelmi borvidék fejlesztési lehetőségei, kiemelten a Mátraaljai borvidék
<b>2006</b>			
1.	Horváth Adrien	Gazdaságismeret tanár szak	A területfejlesztés intézményrendszere. A Tisza-tó fővárosa - Tiszafüred
2.	Varga Ákos	Gazdálkodási szak Vállalkozási szakirány	Területfejlesztés Magyarországon – Észak-Magyarország és Dél-Alföld területfejlesztési stratégiájának összehasonlítása
3.	Hunyákné Takács Tímea	Gazdálkodási szak Vállalkozási szakirány	Területfejlesztés Magyarországon. Heves megye és Vas megye területfejlesztési stratégiáinak összehasonlító elemzése
4.	Susán Szilvia	Gazdálkodási szak Turizmus szakirány	A bátonyterenyei kistérség idegenforgalma és fejlesztési lehetőségei
5.	Demeter Noémi	Gazdálkodási szak Turizmus szakirány	A turizmus fejlesztési területei és a gazdasági helyzetképének bemutatása Heves megyében
6.	Barta Szilvia	Idegenforgalmi szakmenedzser szak (felsőfokú képzés)	Terület és településfejlesztés Magyarországon (konkrét megye vagy régió példáján)
7.	Kocsis Beatrix	Idegenforgalmi szakmenedzser szak (felsőfokú képzés)	Józsefváros infrastrukturális fejlődése területfejlesztési szempontból
8.	Holló Zsófia	Idegenforgalmi szakmenedzser szak (felsőfokú szakképzés)	A konferenciaturizmus fejlesztési lehetőségei és ennek gazdasági hatásai hazánkban
9.	Vasvári Erika	Idegenforgalmi szakmenedzser (felsőfokú szakképzés)	Miskolc Megyei Jogú Város tevékenysége a turizmus fejlesztése érdekében

## Angol nyelvű összefoglalók / Summaries

**Ferenc Sallai:**

### **The Water Quality of Sajó River and its Long-term protection**

Until the early 50's the Sajó was one of the richest river of the country in fish. From the 50's on a number of industrial plants were built in the valley of the river, and their waste water was directed into the Sajó without any or just with minor cleaning. As a consequence of these circumstances the Sajó has become one of the most polluted river of Europe.

On the occasion of a water quality measurement on the longitudinal section in 1974, the dissolved oxygen content of the water crossing the border was zero, the organic pollution characterized by oxygen consumption with dichromate ( $KOI_{Cr}$ ) was near the 300 mg/l value.

According to the examinations in 2005 the water arriving the boundary section – except for the coliform number – is of bearable or better quality

The examinations based on the survey of the ecological state guided by the practise of EU Water Framework Directive exhibit improving water quality, as well. According to fish fauna surveys 49 fish species have already returned to the Sajó, 15 of them are protected.

**László Lénárt:**

### **Karst water potential of Bükk area – environmental tasks for long term utilization**

The Bükk area is situated in Northern Hungary. Both underground and on the surface excellent water storing karstic rock massif can be found. The maximal value of dynamic karst water supply is approximately 40 million m<sup>3</sup>/day. The static cold and warm (tepid) karst water supply of the Bükk and its surrounding area is approximately  $5 \cdot 10^{11}$  m<sup>3</sup>. The cold and warm (tepid) karst water supply is one and unified, their research, exploitation and protection can be done only jointly. The karst water usage of Bükk and area is 25-28 million m<sup>3</sup>/year currently, of which the amount of thermal karst water (tepid and warm karst water) is 6-6,5 million m<sup>3</sup>/year. The karst water is mainly used for drinking, the thermal karst water is for bathing and medicine. As of today, the amount of precipitation fills up what is taken out by production. The main reason for this is the significant increase in the volume of precipitation, and the same time the significant decrease in production. The production of cold karst water is stable or decreasing, the production of thermal karst water is increasing. This current balance should be maintained. Any further additional karst water production in the Bükk area should be done only after tests proved it possible and maintainable for the long term.

**Zoltán Buócz:**

### **The exploitation of mineral resources and there's environmental impacts in Northern Hungary**

The paper gives a brief overview of the mineral resources, the volume of production and the size of the area affected by mining in North Hungary against the national background. The international and European conditions of mining, the reasons for the emergence of the present situation and the expected trends of development are likewise presented. In the past 15-20 years, there has been an important structural shift towards mineral raw materials used in the

construction industry in Hungarian mining production. After the economic recession caused by the change in political regime, there has been a boom in this field in the past 2-3 years. These effects can also be felt in Northern Hungary, where both the number of mining areas and production are on the increase. This welcome development, however, is accompanied by an increase in environmental problems.

The second part of the paper focuses on the environmental performance of mining activities and the possible methods of measuring it. An important stage of environment protection is environment-based planning. As mining as such results in irreversible changes, these should be handled, controlled and directed in the stage of planning, which should then form the basis of environment protection activities, recultivation and country planning.

Mining as a production industry is distinguished from processing industries by four main features. Earlier, only the economic consequences of these features were analysed. Now, analysis is extended to environmental impacts, through which environmental consequences are investigated.

The possible methods of assessing the environmental impacts of mining, handling major environmental impacts and ideal environment control are also covered in the paper.

**János Takács – Ferenc Sallai – Miklós Lipták:**

#### **Proposals for the development of the sewage water's and sewage sludge's treatment in Hungary**

According to the available data and information, the situation of sewage water treatment in Hungary and, similarly to it, in Borsod-Abaúj-Zemplén county is not favourable. Canalization connection up to canals and diversion of sewage water is deficient and situation, degree and efficiency of sewage water treatment is even more unfavourable. Among the problems, collection and treatment of sewage water in case of settlements with less than 2,000 inhabitants are especially important as control, location and utilization of sewage sludge originated as the product of treatment at huge sewage farms too. After having reviewed general situation, we have dealt with these two topics in our dissertation leaning on scientific literature, legal prescriptions and experimental work. On this basis, our proposals are the following: To solve lag of little settlements in the county, we suggest custom-built and natural sewage water treatment instead of sewage water treatment companies because significant rise in soluted material content does not happen in short canals (fast diversion) and sewage water does not begin to rot (smell effectation does not occur and mechanical employment of canal reduces). Its consequence is more effective treatment. Natural treatment methods can provide the necessary degree of treatment. There are numerous solutions for necessary treatment of sewage sludge at huge sewage farms from which we can choose according to conditions and circumstances. In our dissertation we propose an other solution whose essence is disintegration of sewage sludge (with or without an additive) before utilization. During this process, sludge is stabilized and can be utilized directly or after composting in the field of agriculture (because of its nutrient content); and the biogases formed during the anaerob treatment of sludge can be devoted to energetic utilization.

**Imre Szabó – Attila Szabó – Ivett Farkasné Czél:**

#### **The situation of landfill sites in Northern Hungary and the technical solutions of the recultivation**

During the last 15 years there have been a lot of significant changes in the field of Hungarian waste management, landfill-building and regulations of landfilling. From the year 2009 in the

European Union member states will be allowed to operate only those landfills, which are built according to the European Union directives.

A Phare project was of assistance for Hungary for the investigation of municipal solid waste landfills objective. The project specialists mapped 2667 landfills during this nationwide survey of municipal solid waste landfills in 2002.

By the help of results of the survey, we concluded tasks in the field of waste deposition to apply to North-Hungarian area.

**Barnabás Csőke – József Böhm:**

#### **Waste treatment tasks in Northern Hungary**

Taking into account the points of view of national economy, the utilisation of secondary raw materials and fuels is economically advantageous for the nation, so it is a *national interest*.

As we presented in the foregoing, utilisation and preparation of raw materials and secondary fuels *has no theoretical, environmental, technical and technological obstacles*.

In the North Hungarian Region, utilisation (recycling) is most disadvantageous for massive industrial and municipal wastes, where the crucial proportion of waste treatment is represented by disposal. We are backward in processing electronic wastes, too.

Massive industrial wastes can be utilised most advantageously for construction and road construction purposes. It would be especially important to urge utilisation in road construction as currently only 40 percent of the roads owned and maintained by local governments are paved. By utilising fly ash (mainly as binding agent), mining waste (dirt) and blast-furnace cinder, the missing roads can be constructed in a cost-effective way, flexibly adapted to the local possibilities. The tender system should also support road construction utilising secondary raw materials. For expressways, it is reasonable to require that the possibility of using secondary raw materials should be examined for each road construction.

As for solid municipal waste, treatment of residual waste, production of secondary fuel from residual waste for power plants and cement mills as well as collection and utilisation of junk, the most important task for the next period is to reduce the quantity of deposited waste considerably.

An advantageous solution for this problem is the use of mechanical-biological stabilisation technologies which can be combined with a complex energetic utilisation of the biologically decomposable portion (production of biogas, growing energy plants). Dry processes, particularly the combined 3A (Aerobic-Anaerobic-Aerobic) technology can be recommended here.

Solving the collection and processing of electronic wastes, based on up-to-date mechanical processes, is also an important task for the next few years.

**Iván Gyulai**

#### **Development policy, biomass, sustainability**

We can hardly open up regional strategies and programs without encountering bio-fuels, as one of the medicine for oil shortage, dependence of external oil sources, reduce pollution and prevent climate change and open up new development perspective for the rural areas. The study, as several well-respected analysts raise serious concerns about the rapid diversion of food crops towards the production of fuel for automobiles. Ecological concerns are raised towards the unlimited use of biomass as well. One of the most serious impacts of using biomass is on land use. A competition is foreseen among the different land use demands, such as for food crops, energy crops, and maintaining biodiversity. The high demand for bio-fuels can paralyse the

safety food supply, and can create enormous biodiversity loss mostly in the tropic region where natural forests are being threatened by changing them to energy crops.

The European Union's regulation towards replacing a part of fuel with bio-fuel looks impossible simple because land availability even at a low, 20% rate of replacing. There is a concern about energy balance, if there was any energy benefit to using plant biomass for liquid fuel. E.g. sunflowers require more than twice as much energy than is available in the fuel that is produced. There are doubts on the carbon neutrality as well. To produce energy crops and convert those to energy demand fossil fuel that results carbon release. The global carbon balance looks worth after using biomass than before. Greenhouse gas emissions come from deforestation through the loss of embedded carbon when the forests are cut down and burned. A hectare of land may save 13 tons of carbon dioxide if it is used to grow sugarcane, but the same hectare can absorb 20 tones of CO<sub>2</sub> if it remains forested.

The study proposes 1% energy use decrease per year coming from energy efficiency, and 1% replacement of fossil, non renewable energy sources with renewable sources, others than biomass.

**Sándor Karajz**

#### **A new approach in environmental economics modelling**

In this study an integrated environmental economics model was created. This model describes economic processes on the basis of generic algorithms. The economics approaches is looking at the transdisciplinary approach in a broader sense. One type of approach is the analysis of economics and biology, which according to the scientific literature constitutes a part of scientific dimensions of the modern environmental economics. The importance of the model lies firstly, in the fact that while constructing it an imitation of dynamic economic processes can be used. Secondly, it can be used for explanation and solution of environmental problems when the application probability and success of strategies are separated.

**Éva Seresné Hartai – János Földessy – Tibor Zelenka :**

#### **Environmental impact of the former gold and silver mining in Telkibánya**

In the frame of a PHARE CBC project the environmental impact of the former gold and silver mining was examined. The mining activity lasted about 600 years. Geologically the area is built up by Sarmatian andesitic-rhyolitic volcanics. The epithermal, low-sulphidation-type mineralization occurs in a potassium-metasomatized subvolcanic andesite. The environmental assessment was focused on the examination of water and soil, mainly in the surroundings of the mining objects. Based on the results it can be stated that the former mining doesn't mean any hazards for the environment.

## Szerzőink

<i>Baksa Sára</i>	MTA Regionális Kutatások Központja Észak-magyarországi Osztály, ügyvivő szakértő
<i>Bakos István</i>	PhD., Miskolci Egyetem Regionális Gazdaságtan Tanszék tanszékvezető-helyettese, egyetemi docens
<i>Bóhm József</i>	Miskolci Egyetem Környezetgazdálkodási Intézet intézetigazgatója, egyetemi docens
<i>Buócz Zoltán</i>	műszaki tudományok kandidátusa, Miskolci Egyetem Bányászati és Geotechnikai Tanszék, egyetemi docens
<i>Csőke Barnabás</i>	Miskolci Egyetem Eljárástechnikai és Geotechnikai Berendezések Intézet intézetigazgatója, tanszékvezető egyetemi tanár
<i>Farkasné Czél Ivett</i>	PhD., Miskolci Egyetem, Környezetgazdálkodási Intézet, Hidrogeológiai-Mérnökgeológiai Tanszék
<i>Földessy János</i>	PhD., Miskolci Egyetem Földtan-Teleptani Tanszék tanszékvezető egyetemi tanár
<i>Győrffy Ildikó</i>	Miskolci Egyetem Regionális Gazdaságtan Tanszék doktorandusz hallgató
<i>Gyulai Iván</i>	Ökológiai Intézet a Fenntartható Fejlődésért Alapítvány igazgató
<i>Karajz Sándor</i>	PhD., Miskolci Egyetem Gazdaságelméleti Intézet intézetigazgatója, egyetemi docens
<i>Lénárt László</i>	dr. univ, Miskolci Egyetem Hidrogeológiai-Mérnökgeológiai Tanszék egyetemi adjunktus
<i>Lipták Miklós</i>	PhD., Miskolci Egyetem Gázmérnöki Tanszék
<i>Pintér István</i>	Észak-magyarországi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség igazgató
<i>Sallai Ferenc</i>	ÉMI-KTVF Miskolc műszaki titkár
<i>Seresné Hartai Éva</i>	PhD., Miskolci Egyetem Földtan-Teleptani Tanszék egyetemi docens
<i>Szabó Attila</i>	Miskolci Egyetem, Környezetgazdálkodási Intézet, Hidrogeológiai-Mérnökgeológiai Tanszék tanszéki mérnök

---

<i>Szabó Imre</i>	Miskolci Egyetem, Környezetgazdálkodási Intézet, Hidrogeológiai-Mérnökgeológiai Tanszék egyetemi tanár
<i>Takács János</i>	Miskolci Egyetem Eljárástechnikai Tanszék egyetemi docens
<i>Zelenka Tibor</i>	dr. univ., a Miskolci Egyetem nyugalmazott tudományos főmunkatárs