

# A KÖRNYEZETVÉDELEM ALAPJAI

# **Környezettudományi alapok tankönyvsorozat:**

A környezettan alapjai

A környezetvédelem alapjai

Bevezetés a környezeti áramlások fizikájába

Bevezetés a talajtanba környezettanosoknak

Környezetfizika

Környezeti ásványtan

Környezeti mintavételezés

Környezetkémia

Környezetminősítés

Környezettudományi terepgyakorlat

Mérések tervezése és kiértékelése

Environmental Physics Methods Laboratory Practices



Eötvös Loránd Tudományegyetem  
Természettudományi Kar

# A KÖRNYEZETVÉDELEM ALAPJAI

Szerkesztette:

Szabó Mária  
egyetemi tanár, Földrajz- és Földtudományi Intézet

Angyal Zsuzsanna  
tanársegéd, Földrajz- és Földtudományi Intézet

Írta:

Angyal Zsuzsanna  
tanársegéd, Földrajz- és Földtudományi Intézet

Ballabás Gábor  
tanársegéd, Földrajz- és Földtudományi Intézet

Csüllög Gábor  
adjunktus, Földrajz- és Földtudományi Intézet

Kardos Levente  
tanársegéd, Budapesti Corvinus Egyetem

Munkácsy Béla  
adjunktus, Földrajz- és Földtudományi Intézet

Pongrácz Rita  
adjunktus, Földrajz- és Földtudományi Intézet

Szabó Mária  
egyetemi tanár, Földrajz- és Földtudományi Intézet

Lektorálta:

Kevei Ferencné  
egyetemi tanár, Szegedi Tudományegyetem



**2012**

COPYRIGHT: © 2012-2017, Dr. Angyal Zsuzsanna, Ballabás Gábor, Dr. Csüllög Gábor, Kardos Levente, Dr. Munkácsy Béla, Dr. Pongrácz Rita, Dr. Szabó Mária, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Dr. Kevei Ferencné, Szegedi Tudományegyetem

Creative Commons NonCommercial-NoDerivs 3.0 (CC BY-NC-ND 3.0)

A szerző nevének feltüntetése mellett nem kereskedelmi céllal szabadon másolható, terjeszthető, megjelentethető és előadható, de nem módosítható.

ISBN 978-963-279-547-8

KÉSZÜLT: a [Typotex Kiadó](#) gondozásában

FELELŐS VEZETŐ: Votisky Zsuzsa

TÁMOGATÁS:

Készült a TÁMOP-4.1.2-08/2/A/KMR-2009-0047 számú, „Környezettudományi alapok tankönyvsorozat” című projekt keretében.

Nemzeti Fejlesztési Ügynökség  
www.ujszechenyiterv.gov.hu  
06 40 638 638



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

**KULCSSZAVAK:**

multidiszciplinaritás, fenntartható társadalom, túlnépesedés, fenntartható energiagazdálkodás, hulladékgazdálkodás, vízminőség-védelem, szennyvíztisztítás, levegőszennyezés, éghajlatváltozás, zajszennyezés, jogi szabályozás

**ÖSSZEFOGLALÁS:**

A jegyzet célja a környezetvédelem általános, globális kérdéseinek ismertetése, inter-, illetve multidiszciplináris jellegének bemutatása, valamint a különböző szakterületeken dolgozó szerzők közreműködésével annak szemléltetése, hogyan kapcsolódik össze a környezetvédelemben a tudomány, a politikum, és a gyakorlati tevékenység. A jegyzet számos olyan, napjainkban kiemelt figyelmet kivánó globális problémával foglalkozik, amelyekről naponta hallunk a médiában, de tudományos háttérük nem minden esetben közismert. A jegyzetben helyet kapott a fenntartható társadalom, a fenntartható energiagazdálkodás, a túlnépesedés, a hulladékgazdálkodás, a vízminőség-védelem, a szennyvíztisztítás, a levegőszennyezés és éghajlatváltozás, illetve a zajszennyezés kérdése is. Külön fejezet foglalkozik a környezetvédelem nemzetközi és hazai jogi szabályozásával. Jegyzetünket nem csak a környezettan, illetve környezettudomány szakos hallgatóknak szánjuk, reményeink szerint belőle bármely más természettudományos, gazdasági vagy jogi érdeklődésű személy is hasznos, új és naprakész információval gazdagodhat.



## TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS A KÖRNYEZETVÉDELEMBE (SZABÓ MÁRIA).....	10
1.1. Környezeti alapprobléma.....	10
1.2. A környezetvédelem értelmezései .....	12
1.3. Globális környezeti problémák.....	14
1.3.1. Fenntartható társadalom.....	15
1.3.2. Növekvő energiaigény .....	15
1.3.3. A Föld népességszámának növekedése .....	17
1.4. Az energetikai létesítmények hatása a tájra.....	19
1.5. Összefoglalás .....	20
1.6. Függelékek.....	21
1.6.1. Bibliográfia .....	21
1.6.2. Fogalomtár .....	21
2. A GLOBALIZÁCIÓ KÖRNYEZETTERHELÉSE (CSÜLLÖG GÁBOR).....	23
2.1. A társadalom és a környezet viszonya.....	23
2.2. A globális gazdaság kialakulásának története .....	25
2.2.1. A korai, elzárt kultúrák korszaka: i. e. 3. – i. e. 1. évezred.....	25
2.2.2. A terjeszkedő kultúrák korszaka: i. e. 1. évezred – i. u. 15. század.....	25
2.2.3. A kultúrák összekapcsolódásának korszaka, 15–20. század.....	26
2.3. A világnépesség növekedése .....	27
2.3.1. A népességszám .....	27
2.3.2. A népességszám változása .....	27
2.3.3. A világnépesség növekedési üteme .....	28
2.3.4. A demográfiai forradalom.....	30
2.3.5. A demográfiai robbanás .....	31
2.3.6. A népességnövekedés és a népegyenlőség változása .....	33
2.4. A világnépesség területi eloszlása .....	33
2.4.1. A kontinensek szerinti megoszlás .....	33
2.4.2. Az országok szerinti megoszlás .....	34
2.4.3. A népsűrűség.....	35
2.4.4. A népesség egyenlőtlen területi megoszlásának okai .....	35
2.5. A világnépesség területi koncentrációja – az urbanizáció folyamata.....	37
2.5.1. Az urbanizáció története .....	37
2.5.2. A jelenkori urbanizáció összetevői .....	38
2.5.3. Nagyvárosi terek – agglomerációk .....	40
2.5.4. Az urbanizációs környezetterhelés .....	41
2.5.5. A gyors népességnövekedés és a kiteljesedő urbanizáció következményei .....	42

2.6. A globális gazdaság .....	43
2.6.1. A globális gazdaság összetevői.....	43
2.6.2. A globális gazdaság szektorális tagolódása .....	43
2.6.3. A sokarcú agrártermelés globalizációs jellemzői .....	44
2.6.4. A globális gazdaság fenntartó rendszere az ipari termelés .....	45
2.6.5. Az ipari termelés története .....	46
2.6.6. Az ipar utáni korszak: az innováció forradalma .....	47
2.6.7. Az ipari folyamatok környezeti következményei .....	48
2.7. A globalizáció társadalmi következményei és környezeti hatásai.....	48
2.8. Függelékek.....	51
2.8.1. Bibliográfia .....	51
2.8.2. Fogalomtár .....	51
3. FENNTARTHATÓ ENERGIAGAZDÁLKODÁS (MUNKÁCSY BÉLA).....	53
3.1. Az energiagazdálkodás helye és kapcsolatrendszere a környezetgazdálkodásban.....	53
3.2. A környezetpolitikai összefüggések .....	55
3.3. Az energiagazdálkodás alapvetései .....	56
3.4. Az energiatermelés jelenlegi helyzete .....	57
3.5. Az energiafogyasztás jelenlegi helyzete .....	59
3.6. Fókuszáljunk a jövőre! .....	59
3.7. Az energiahatékonyság.....	61
3.8. Visszacsatolási effektus .....	62
3.9. Takarékosság (az emberi tényező) .....	63
3.10. Energiaellátás.....	64
3.11. A megújuló energiaforrásokról általában .....	64
3.12. A megújuló energiaforrások alkalmazási lehetőségei .....	68
3.12.1. Napenergia .....	68
3.12.2. Passzív napenergia-hasznosítás.....	68
3.12.3. Napkollektoros rendszerek .....	72
3.12.4. Környezeti hőt hasznosító hőszivattyús megoldások.....	73
3.12.5. Fotovillamos rendszerek .....	74
3.12.6. Hőenergia-alapú – termovillamos – naperóművek .....	76
3.12.7. Szél.....	77
3.12.8. Biomassza.....	78
3.12.9. Szilárd biomassza felhasználása.....	79
3.12.10. A folyékony biomassza-származékok felhasználása.....	80
3.12.11. A biogáz felhasználása .....	81
3.12.12. Geotermikus energia .....	82
3.12.13. Vízenergia .....	83
3.13. Atomenergia .....	84

3.14. Fosszilis tüzelőanyagok jövőbeni hasznosítása .....	84
3.15. A villamosenergia-rendszer jövője .....	85
3.16. Függelékek.....	85
3.16.1. Bibliográfia.....	85
3.16.2. Fogalomtár .....	87
4. A HULLADÉKGAZDÁLKODÁS ALAPJAI (BALLABÁS GÁBOR).....	90
4.1. Az IDŐ fontossága: a hulladékkérdés történetisége és általános háttere .....	90
4.2. A hulladék fogalma .....	91
4.3. A hulladékok csoportosítása .....	93
4.4. A hulladékokkal kapcsolatos fő problémakörök .....	97
4.5. A hulladékok által okozott problémákra adott legfontosabb válaszingtezkedés: az integrált hulladékgazdálkodás.....	103
4.5.1. A 3R: a hulladékmegelőzés (reduce), az újrahasználat (reuse), és az újrahasznosítás (recycle).....	104
4.5.2. A hulladékok kezelése .....	110
4.5.3. A hulladékgyűjtés és -szállítás rendszerei .....	111
4.5.4. A hulladékok előkezelése és tárolása.....	113
4.5.5. A hulladékok ártalmatlanítása és a hulladékkezelési létesítmények utógondozása .....	114
4.6. A hulladékokkal kapcsolatos további válaszingtezkedések .....	121
4.7. Függelékek.....	124
4.7.1. Bibliográfia .....	124
4.7.2. Fogalomtár .....	124
5. VÍZMINŐSÉG-VÉDELEM (KARDOS LEVENTE) .....	127
5.1. A víz jellemzése.....	127
5.1.1. A víz fizikai jellemzői.....	127
5.1.2. A víz kémiai jellemzői .....	127
5.2. A vízminőség fogalma.....	128
5.3. Vízminősítési rendszerek.....	128
5.3.1. Biológiai vízminősítés .....	129
5.3.2. Kémiai vízminősítés felszíni vizekre .....	130
5.3.3. Kémiai vízminősítés felszín alatti vizekre .....	133
5.4. Vízminőség-védelem .....	134
5.4.1. A vízminőség-szabályozás műszaki módszerei .....	134
5.4.2. A vízminőség-szabályozási beavatkozások .....	135
5.5. Függelékek.....	136
5.5.1. Bibliográfia .....	136
5.5.2. Fogalomtár .....	136



6. VÍZSZENNYEZÉS ÉS SZENNYVÍZTISZTÍTÁS (KARDOS LEVENTE).....	138
6.1. A vízszennyezés rövid története .....	138
6.2. A vízszennyezés definíciója és módjai .....	139
6.3. A vízszennyező anyagok csoportosítása.....	139
6.3.1. A fizikai szennyezők .....	139
6.3.2. A kémiai szennyezők .....	140
6.4. Szennyvizek.....	144
6.5. A vízszennyezés és szennyvíztisztítás hazai helyzete .....	145
6.6. A szennyvíztisztítás folyamata .....	147
6.6.1. A szennyvíztisztítási technológiák csoportosítása .....	147
6.6.2. Az elsődleges tisztítási (mechanikai) fokozat részei .....	147
6.6.3. A második, biológiai fokozat részei.....	149
6.6.4. A harmadik (tercier) tisztítási fokozat részei .....	151
6.7. A szennyvíziszap-kezelés áttekintése .....	151
6.8. Függelékek.....	153
6.8.1. Bibliográfia .....	153
6.8.2. Fogalomtár .....	153
7. LEVEGŐSZENNYEZÉS ÉS ÉGHAJLATVÁLTOZÁS (PONGRÁCZ RITA).....	154
7.1. Levegőszennyezési alapfogalmak .....	154
7.2. Főbb légszennyező anyagok .....	159
7.2.1. Kén-dioxid, SO <sub>2</sub> .....	159
7.2.2. Nitrogén-oxidok, NO <sub>x</sub> .....	162
7.2.3. Ammónia (NH <sub>3</sub> ).....	166
7.2.4. Szén-monoxid, CO.....	167
7.2.5. Szálló por .....	169
7.2.6. Illékony szerves szénhidrogének (VOC) .....	170
7.2.7. Ólom, Pb .....	171
7.2.8. Ózon, O <sub>3</sub> .....	173
7.3. A városok környezetmódosító hatása .....	174
7.4. A sztratoszférikus ózonnal kapcsolatos globális környezeti probléma .....	182
7.5. Az üvegházhatású gázok antropogén kibocsátásnövekedése .....	200
7.6. Függelékek.....	215
7.6.1. Bibliográfia .....	215
7.6.2. Fogalomtár .....	216
8. A ZAJVÉDELEM ALAPJAI (BALLABÁS GÁBOR).....	218
8.1. Hangtani és zajvédelmi alapfogalmak .....	218
8.2. A hangok érzékelése, a zaj élettani hatásai.....	222
8.3. A környezeti zaj forrásai.....	224
8.3.1. A közlekedési zajok .....	224
8.3.2. Üzemi zajok .....	226

8.3.3. A szabadidős tevékenységgel összefüggő zajok.....	227
8.3.4. Az épületen belüli zajok.....	227
8.4. A zajvédelmi politika eszközei.....	228
8.4.1. Tervezési és szabályozási eszközök.....	228
8.4.2. Konkrét beavatkozások megalapozása és végrehajtása .....	229
8.4.3. Horizontális intézkedések .....	234
8.5. Függelékek.....	234
8.5.1. Bibliográfia .....	234
8.5.2. Fogalomtár .....	235
9. A KÖRNYEZETVÉDELMI SZABÁLYOZÁS KIALAKULÁSA (ANGYAL ZSUZSANNA) .....	236
9.1. A környezetvédelem nemzetközi története.....	236
9.2. A környezetvédelem hazai története.....	237
9.3. A környezetvédelem alapelvei.....	238
9.3.1. A környezetvédelmi elvek csoportosítása.....	238
9.3.2. A megelőzés és az elővigyázatosság elve .....	239
9.3.3. A tervszerűség elve .....	240
9.3.4. Az együttműködés elve.....	240
9.3.5. A fenntartható fejlődés elve .....	241
9.3.6. A társadalmi részvétel és az információhoz jutás elve .....	241
9.3.7. Az állami felelősség és „a szennyező fizet” elv.....	242
9.4. A nemzetközi szervezetek szerepe a környezetvédelemben .....	243
9.5. Függelékek.....	244
9.5.1. Bibliográfia .....	244
9.5.2. Fogalomtár .....	244

# 1. BEVEZETÉS A KÖRNYEZETVÉDELEMBE (SZABÓ MÁRIA)

## 1.1. Környezeti alaprobléma

A környezetvédelem napjainkban egyre nagyobb hangsúlyt kap az Európai Unióban. A környezet védelmében irányt mutató irányelveket és akcióprogramokat hoznak létre, melyek teljesítéséhez az EU jelentős támogatásokat biztosít. Az utóbbi évtizedekben a környezettel kapcsolatos kézikönyvek, kiadványok egész sora jelent meg, amelyek egyrészt idegen nyelvből fordított művek (Meadows és mtsai, 1972, Lovelock, 1987, részben hazai szerzők tollából született alkotások (Kovács, 1985, Persányi, (szerk.) 1998, Moser–Pálmai 1992, Rakonczai 2003, 2008, Kerényi 2003, 2006.)

Ma már szinte senki sem vitatja, hogy a bioszféra sokféleségét s ezzel az emberi élet minőségét és méltóságát fenyegető globális környezeti válság időszakában élünk. Ezt már több mint fél évszázada felismerték. 1968-ban huszonöt ország nyolcvan kutatója részvételével alakult meg a [Római Klub](#), amely spontán, kötetlen szervezetként jött létre. A Klub kezdeményezésére sokrétű, szerteágazó vizsgálatok indultak a világ fejlődésének és a fejlődéssel kapcsolatos környezeti problémák feltárására. A Római Klub tevékenységére igazán akkor figyelt fel a világ, amikor a Meadows házaspár szerkesztésében megjelent „A növekedés korlátai” (The Limits to Growth) című jelentés, amely tanulmány elsőként ad prognózist a világ továbbfejlődéséhez rendszerelméleti alapon. Számítógépes modellezéssel felállították a [Meadows-féle világmodell](#)ek különböző változatait. A modellek különböző forgatókönyveket feltételezve vizsgálták a világ 21. században várható „sorsát”. A Meadows-világmodell néven ismert elemzés jelentős hatású és sokak által vitatott. Az 1900–2100 közötti időszakra 12 modellváltozatot futtattak, amelyek három csoportot képviselnek. Ezek elnevezései: standard vagy normál modell változatlan tendenciák mellett prognosztizált, a második csoport a korlátozott gazdasági növekedés modellje; a harmadik csoport pedig a stabilizált világmodell. A végső következtetés a munka címéből adódik: a világkrízis csak úgy kerülhető el, ha a világ a népességszám-növekedést, a termelést és a fogyasztást is egyaránt korlátozza. A világmodell körüli vitákat alapvetően az gerjesztette, hogy több tényezőt nem vett figyelembe, pl. a regionális különbségeket, a tudomány jövőbeli eredményeit, az esetleges háborúk lehetőségeit. Szerepe abban kulcsfontosságú, hogy drámai módon hívta fel a figyelmet az emberiség önkorlátozásának szükségességére, valamint az emberiség figyelmét a globális környezeti problémák felé fordította. A világmodellek ugyanis a 21. század közepére elég nagy valószínűséggel súlyos környezeti katasztrófát jósoltak abban az esetben, ha az emberiség továbbra sem vesz tudomást arról, hogy változtatnia kell eddigi életmódján.

Húsz év elteltével Meadows és munkacsoportja megismételte a vizsgálatokat, miközben több világmodellezési konferenciát is tartottak. Az eredmények némi optimizmusra adnak okot: úgy tűnik, javultak a Föld esélyei, léteznek megoldások, de sürgős intézkedésekre és az emberiség szemléletváltására van szükség (Kerényi, 2003). A környezeti problémák enyhítése, megoldása érdekében, illetve elmélyülésük megakadályozására az emberek, embercsoportok és szervezetek viselkedésének kellene megváltoznia.

Ennek elérésére négyféle lehetőség kínálkozik (Takács–Sánta, 2007):

- kormányzati törvények, szabályozások, illetve ösztönzők;
- kisközösségi, nem kormányzati társadalmi folyamatok;
- ismeretterjesztés (attitűdök megváltoztatása és informálás);
- értékek és alapvető meggyőződések megváltoztatása.

A globális környezeti kérdések és a környezetvédelem tekintetében jelentős lépés volt a [Stockholm](#)-ban 1972-ben megtartott konferencia, „Az Egyesült Nemzetek Konferenciája az Emberi Környezetről”, amely az első globális környezetvédelmi összejövetelt jelentette. Ennek dokumentumai vezették be az erőforrások megőrzése és a termelési, fogyasztási célkitűzések elérése közötti ellentmondás feloldására a „harmonikus összhang”, illetve az erőforrások „bölcs hasznosítása” terminológiákat. A konferencián 113 állam képviseltette magát. (Magyarország diplomáciai bonyodalmak miatt nem vett részt.) A tanácskozáson a fő figyelmet a természeti környezet (levegő, víz, talaj, élővilág ökológiai rendszere) veszélyeztetettségére koncentrálták. A fejlődő országok gazdaságfejlesztési problémái is előtérbe kerültek.

Az ENSZ Közgyűlése 1984-ben határozatot hozott, hogy alakuljon meg a Környezet és Fejlődés Világbizottsága független szakértőkből. A bizottság feladata a második környezetvédelmi világkonferencia koncepciójának megalapozása. A bizottság vezetésére Gro Harlem Brundtland asszonyt, Norvégia akkori miniszterelnökét kérték fel. Innen ered a „**Brundtland-bizottság**” kifejezés, amelynek feladata egy átfogó változás megalapozása volt. A Bizottság 1984 októberében tartotta alakuló ülését Genfben. Számos plenáris ülést követően a záró ülésre Tokióban került sor 1987 februárjában. A bizottság jelentését „**Our Common Future**” címmel publikálták. A jelentés fő üzenetét a fenntartható fejlődés koncepciójának felszínre hozatala és központba való állítása jelentette. Minden cselekvést a fenntarthatóság elvei szerint javasoltak újraértékelni. A fenntarthatóságról a következő definíciót fogadták el: „*A fenntartható fejlődés olyan fejlődés, amely kielégíti a jelen generáció szükségleteit anélkül, hogy veszélyeztetné a jövő generáció esélyeit arra, hogy ők is kielégíthessék szükségleteiket.*” A jelentés magyar nyelven is megjelent, **Közös jövőnk** címmel (Persányi, 1988), de a magyar fordításban akkor még mint harmonikus fejlődés szerepelt a fenntartható fejlődés!

A fenntarthatófejlődés-elv lényeges elemei a következők:

- az alapvető szükségletek kielégítésének feltétlenül elsődlegességet kell biztosítani;
- korlátozások szükségessége, amelyeket a technológiai fejlettség és a társadalom hoz létre, hogy képesek legyünk mind a jelen, mind a jövő generációk igényeinek kielégítésére.

A jelentés kiemelte, hogy a csupán nemzeti szinten megvalósított fenntartható fejlődés nem vezethet eredményre, ezért globális erőfeszítésekre van szükség. Így előtérbe kerültek az országok közötti kapcsolatok, amelyek regionális, illetve globális jellegűek. Az energia-termelés, az ipar, a mezőgazdaság, a városfejlesztés, a kereskedelem és az áruszállítás területén fokozott mértékben kell figyelembe venni az ökológiai rendszerek terhelhetőségét.

A bizottság által kiadott ún. [Brundtland-jelentés](#) nagy visszhangot váltott ki és világszerte általános elismerést kapott. Ennyi év távlatából visszatekintve azonban néhány hiányossága is nyilvánvalóvá vált. Ezek közül a legfontosabb a környezet eltartóképessége mélyebb elemzésének hiánya, illetve a környezettudatosságra való nevelés szükségességének elhanyagolása.

Az ENSZ 1992 júniusában Rio de Janeiróban tartotta világkonferenciáját, hivatalos nevén ENSZ Konferencia a Környezetről és Fejlődésről (UN Conference on the Environment and Development). Az új szemlélet már összekapcsolta a környezetvédelmet és a gazdasági fejlődést. A fenntartható fejlődés központi jelszóvá vált, mindenki lelkesedett érte: a kormányok, az üzleti szféra, a zöldmozgalmak. Mindez már sejtette, hogy a fenntartható fejlődésről egységes értelmezés aligha várható, ezzel szemben annak többféle felfogása formálódik, körvonalazódik a világban. A [Riói Konferencia](#) elfogadta a *klímaváltozási*, valamint a *biodiverzitás-védelmi egyezményt*. Az Agenda-21 dokumentum igen hasznos ajánlásokat fogalmazott meg a nemzetközi szervezetek és a nemzeti kormányok számára. (Az [Agenda 21](#) magyarul „Feladatok a 21. századra” néven ismert).

Az ENSZ 2002 szeptemberében [Johannesburgban](#) megtartotta a Világcsúcskonferencia a fenntartható fejlődésről (World Summit on Sustainable Development) című rendezvényt. A fő feladat a Riói Konferencia óta eltelt időszak értékelése, elemzése, az elfogadott kötelezettségek végrehajtásának felmérése, továbbá új feladatok kijelölése mellett az intézményi és finanszírozási intézkedésekre vonatkozó javaslatok kidolgozása volt a fenntartható fejlődés érdekében. A Rio de Janeiró-i konferencia óta 10 év telt el, aktuálisabbá vált az ott előkerült környezeti problémák újratárgyalása, illetve az újabban felmerült témák megvitatása, miután a 10 év alatt megkötött egyezményeket kevesen tartották be.

A Stockholmi, a Riói és a Johannesburgi Világkonferenciák jellemzése a kulcsszavak kiemelésével: emberi környezet (1972), környezet és fejlődés (1992), fenntartható fejlődés (2002). Vagyis az elmúlt 30-40 év eredményeként kialakulóban van a környezetvédelem, a gazdasági és a szociális szféra összefonódása. Ez alapvetően új felfogást és problémamegközelítést jelent.

## 1.2. A környezetvédelem értelmezései

A jegyzetnek nem célja, hogy a környezetvédelem jelentős számú definícióját körüljárja. Már a terjedelmi korlátok miatt sem lehet erre vállalkozni. A definíciók felsorolása helyett inkább a meghatározások releváns közös elemeit járjuk körül. A legtöbb szerző abban egyetért, hogy a **környezetvédelem** társadalmi tevékenység, amely az emberi társadalom saját létfeltételeiben (saját maga által) okozott károsodások megelőzésére, a károk mérséklésére vagy elhárítására irányul. A hatékony környezetvédelem ökológián alapuló alapvetően humáncentrikus **interdiszciplináris** tevékenység.

A Környezet- és természetvédelmi lexikonban (Láng I. főszerkesztő, 2002) található definíció szerint a „*környezetvédelem olyan céltudatos, szervezett, intézményesített emberi (társadalmi) tevékenység, amelynek célja az ember ipari, mezőgazdasági, bányászati tevékenységéből fakadó káros következmények kiküszöbölése és megelőzése az élővilág és az ember károsodás nélküli fennmaradásának érdekében.*”

Ugyanitt a természetvédelem értelmezéséről a következőket olvashatjuk: „*a természetvédelem olyan céltudatos, szervezett, intézményesített emberi (társadalmi) tevékenység, amelynek célja a természet élő és élettelen értékeinek feltárása, tudományos alapokon nyugvó szakszerű fenntartása, kezelése, megőrzése.*”

A környezetvédelem tehát nem azonos a természetvédelem fogalmával, bár a két tevékenység között jelentős átfedés van. Közös bennük, hogy mindkettő intézményesített társadalmi tevékenység. De míg a környezetvédelem a human populáció védelmét helyezi középpontba, s célja a megfelelő életkörülmények révén az ember (és utódaik) egészségének és fennmaradásának a biztosítása, addig a természetvédelemnek a bioszféra összes élőlénye (a tudomány által ma ismert közel 1,5 millió faj, ami közül csak egy a Homo sapiens) és az élettelen természet, vagyis a természeti értékek védelme a célja. A környezetvédelem és természetvédelem viszonyában a komplementaritásnak kell érvényesülnie – „két egymást kiegészítő, egymásnak alá nem rendelhető terület, amelyeknek tevékenységét, stratégiáját és intézkedési tervét (az egyenrangúság szigorú tiszteletben tartásával!) szorosan össze kell hangolni” (Tardy, 1994).

A környezetvédelem nem lehet **csak védekező** jellegű, hanem a tervszerű környezetfejlesztést is magába foglalja. Az intézkedések összefüggő rendszerébe olyan kulcsfontosságú elemek tartoznak, mint:

- a károkat megelőző védelem;
- az okozott károk megszüntetése;
- az emberi környezet fejlesztése;
- a természeti erőforrásokkal való ésszerű gazdálkodás.

Tekintettel arra, hogy a környezeti alapprobléma a népesedési folyamatban, a gazdasági és fogyasztási tevékenységekben gyökerezik, a megoldást is itt kell keresni. A megoldás kulcsa az, hogy biztosítsa az emberiség, a globális földi rendszer (a bioszféra) és alrendszeireinek zavartalan működését. A környezeti konfliktusokat kiváltó okok mindegyike visszavezethető a termelési és a fogyasztási tevékenységekhez.

A *környezeti válság* az emberiség társadalmi-gazdasági tevékenységei és a földi természeti környezet közötti konfliktusok fokozatos elmélyülése miatt alakult ki. E konfliktusok megoldására szerveződött a *környezetvédelem* mint intézményesített cselekvési rendszer. Az ELTE iskolateremtő ökológusprofesszora ezt úgy fogalmazta meg, hogy „*a környezetvédelem nem más, mint az ember kétségbeesett erőfeszítése arra, hogy megvédje önmagát önmaga ellen*”. (Juhász-Nagy Pál [1935–1993] szóbeli közlése).

A jelenleg érvényben levő Környezetvédelmi törvény az **1995. évi LIII. törvény**, amely kimondja, hogy a környezetvédelem „*olyan tevékenységek és intézkedések összessége, amelynek célja a környezet veszélyeztetésének, károsításának, szennyezésének megelőzése, a kialakult károk mérséklése vagy megszüntetése, a károsító tevékenységet megelőző állapot helyreállítása*”.

A **környezetvédelem főbb feladatai** – amelyek elvégzéséhez összehangolt cselekvés szükséges – az alábbiak:

- a károkat megelőző védelem;
- az okozott károk megszüntetése;
- a környezet fejlesztése;
- a természeti erőforrásokkal való ésszerű gazdálkodás.

- A környezetvédelemhez kapcsolódó tudományok
- ökológia
  - geográfia
  - földtudomány
  - kémia, biológia, orvostudományok
  - fizika, műszaki tudományok
  - matematika, informatika
  - agrártudományok
  - közgazdaságtan, jogtudomány
  - társadalomtudományok (pl. politikatudomány, szociológia)
  - pedagógia.

- A globális környezeti gondolkodás előzményei
- 1962: Rachel Luis Carson: Néma tavasz („Silent Spring”) c. könyvének megjelenése. Előzetesen évekig tanulmányozta – több kutatótársával együtt, a rovarirtó szerek környezeti hatásait. A Néma Tavasz néven ismert programban megpróbálta példákkal bizonyítani, hogy a növényvédő és rovarirtó szerek, köztük a DDT, maradandó környezeti károkat okoz.
  - 1968: Római Klub megalakulása.
  - 1972: Meadows és munkatársai: A növekedés határai (The Limit to Growth) megjelenése. A Meadows-modellek szerint az összeomlás elkerüléséhez *zéró gazdasági növekedést* kell célul kitűznie a világnak.
  - 1972, Stockhom: az első ENSZ Konferencia az Emberi Környezetről.
  - 1987, „Közös jövőnk” (a Brundtland-bizottság és az ENSZ közös jelentése).
  - 1992, Rio de Janeiro: ENSZ Környezet és Fejlődés Világkonferencia.
  - 1995, Kyotói konferencia a globális felmelegedésről.
  - 2000, Hágai konferencia a globális felmelegedésről.
  - 2002, Johannesburg: World Summit on Sustainable Development.

### 1.3. Globális környezeti problémák

- növekvő energiaigény;
- népesedési problémák és következményeik;
- légköri problémák;
- talajproblémák;
- a természeti erőforrások korlátozottsága;
- vízproblémák;
- környezeti problémák, környezetszennyezés felismerése;
- erdőirtások és következményeik;
- hulladékkezelés.

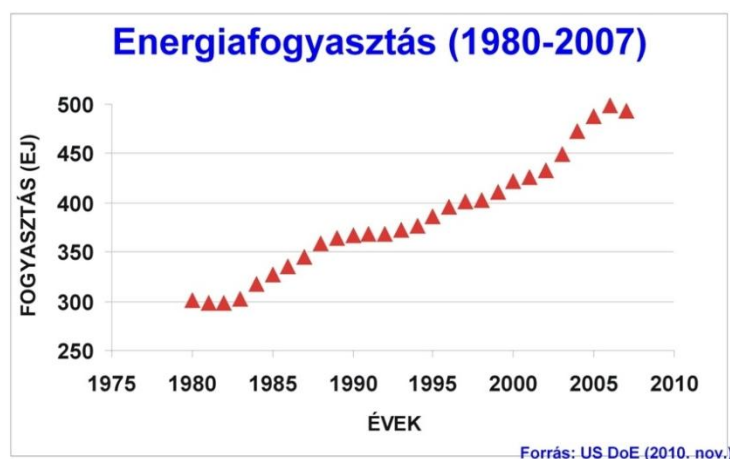
A környezetvédelemben alapvető fontosságú a rendszerszemlélet érvényesülése, hiszen a biogeokémiai ciklusok révén a globális földi rendszer egységes egésszé, a bioszférává szerveződik. A bioszféra a legmagasabb biológiai szerveződési szint, egyed feletti (szupraindividuális) organizációs szint, amely magában foglalja a Föld összes élőlényközösségét. A közösségek között fennálló kapcsolatrendszer és a biogén elemeknek az élettelen környezetből az élő rendszerekig és ezektől vissza, a szervetlen környezetig terjedő körforgása.

### 1.3.1. Fenntartható társadalom

A fenti rövid áttekintésből kitűnik, hogy valamennyi környezeti gond gyökere az **emberiség lélekszámának növekedése**, a **termelés** és a **fogyasztás** fokozódása. Az emberi társadalmak nagy valószínűséggel nem maradhat fenn az utóbbi fél évszázadban produkált lélekszám-gyarapodás, bioszféra-átalakítás (természetikörnyezet-pusztítás), valamint az egyre fokozódó természetierőforrás-kiaknázás, termelés, fogyasztás és hulladéktermelés mellett. A **fenntartható társadalom** ugyanis tiszteletben tartja az élővilág sokféleségét, állandóan és tudatosan munkálkodik azon, hogy az emberi fogyasztást egyensúlyban tartsa a többi élőlény (a többi ismert 1,5 millió faj!) igényeivel és az ökoszisztémák regeneratív képességével, megőrzi a természeti tőkét. A bioszféra kutatás rohamos léptekkel válik fontos tudománnyá. Ez az áramlat úgy fogja föl a fenntarthatóságot, mint a globális gazdálkodás kihívását. „Ez életbevágó – szól az Agenda 21 –, ha pontosabban fel akarjuk becsülni a Föld eltartóképességét és rugalmasságát a fokozott emberi igénybevétellel szemben.” Ha egy tevékenység fenntartható, akkor gyakorlati szempontból örökké folytatható. Amikor azonban egy tevékenységet fenntarthatóként határozzuk meg, ez azon alapul, amit ma tudunk róla. Nem lehet hosszú távú garancia a fenntarthatóságra, mert sok tényező még ismeretlen vagy nem prognosztizálható. A tanulság ebből az, hogy legyünk óvatosak azokkal a tevékenységekkel, amelyek befolyásolhatják a környezetet, gondosan tanulmányozzuk az ilyen tevékenységek hatásait és tanuljunk gyorsan hibáinkból. A továbbiakban a globális környezeti problémák közül az első kettőt, a világ egyre növekedő energiafelhasználását és a [népességrobbanást](#) mutatjuk be példaként.

### 1.3.2. Növekvő energiaigény

A mai fejlett társadalmak bonyolult rendszerének működéséhez óriási mennyiségű energiára van szükség (pl. Vajda, 2005). Így a világ energiafelhasználása napjainkra elérte a mintegy 480 EJ-szintet. Ráadásul az energiafelhasználás állandóan növekszik (*1.3.1. ábra*), annak ellenére, hogy legalább négy évtizede minden döntéshozó tudja, hogy az energiafelhasználást az emberiség jövője érdekében csökkenteni kellene.

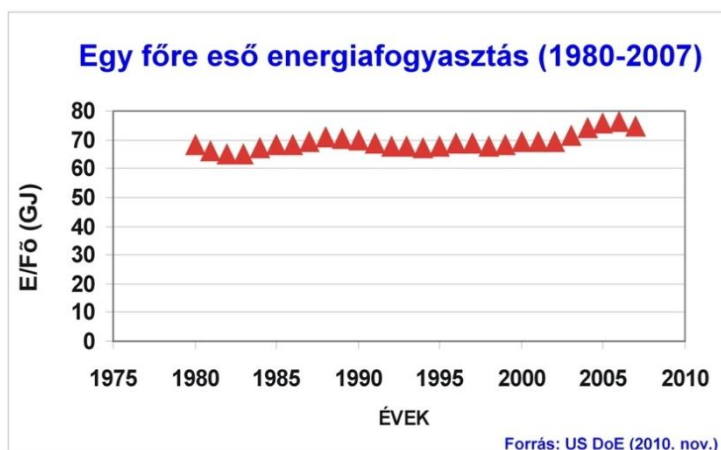


1.3.1. ábra. Az energiafogyasztás növekedése 1980 óta

Az energiafogyasztás alakulásával kapcsolatban elemzéseket végeztek arról, hogy milyen paraméterrel korrelál az energiafelhasználás. Kiderült, hogy egyetlen olyan paramétert találtak, amellyel az összenergia-fogyasztás szoros kapcsolatban van és ez – meglepő mó-

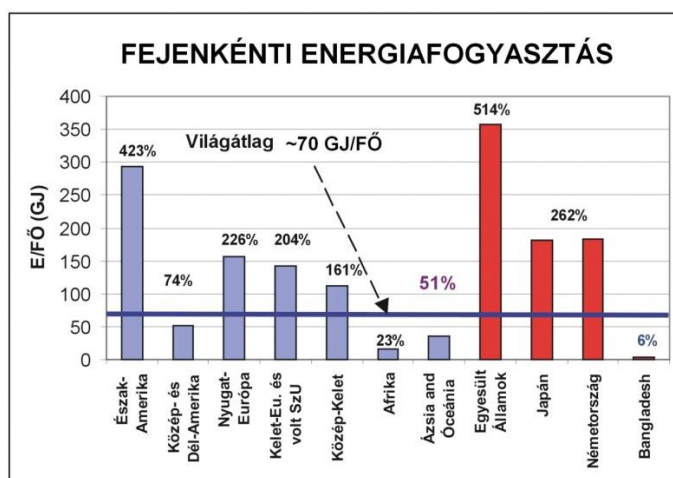


don – a Föld lakosságának lélekszáma. Az egy főre eső átlagos évenkénti energiafogyasztás már közel három évtizede néhány százalékon belül ugyanaz az érték (1.3.2. ábra), ~70 GJ/fő/év. Tekintettel azonban arra, hogy semmilyen kilátás nincsen a népesség növekedésének megállítására és arra, hogy olyan óriási régiók, mint India, Kína, Dél-Amerika vagy a Szaharától délre fekvő területek a korábbinál sokkal nagyobb részben vesznek részt a világgazdaság alakításában, bizonyosak lehetünk az energiaigények jövőbeni, akár drámai növekedésében.



1.3.2. ábra. Az egy főre eső átlagos energiafogyasztás alakulása 1980 óta

A világban a fejekénti átlagos energiafogyasztás igen egyenlőtlenül oszlik meg (1.3.3. ábra). Az éves átlagfogyasztáshoz (~70 GJ/fő/év) viszonyítva Észak-Amerika, s azon belül az Egyesült Államok, valamint Németország és Japán sokszorosát fogyasztja el az átlagnak. Ugyanakkor Közép- és Dél-Amerika, Afrika, Ázsia – azon belül Kína és Banglades külön kiemelve az ábrán – „alulfogyasztók”! Ismerve ez utóbbi régiók és országok népességszám-növekedésének tendenciáit, nem nehéz belátni, hogy a világ energiaigénye a jövőben is nőni fog. Amennyiben ehhez még az is társul, hogy az érintett országok lakóinak egy főre eső energiafogyasztása is megnő, s közelíti a Föld éves átlagfogyasztását a globalizáció hatására, megjósolhatatlanul növekedni fog a világ energiaigénye.



1.3.3. ábra. Egy főre eső energiafogyasztás (GJ/fő/év)

### 1.3.3. A Föld népességszámának növekedése

A világ lakossága a 2011. év kezdetére megközelítette a 7 milliárdot, s az előrejelzések szerint ebben az évben meg is haladja ezt az értéket. 2009-ben pl. a bolygónk népessége mintegy 83 millió fővel nőtt, ez nagyjából megfelel Németország egész lakosságának. Minden másodpercben átlagosan 2,6 csecsemő születik a Földön. Százalékos megoszlásban Afrika népessége növekszik a leggyorsabban, 2009-ben a kontinens lakossága már túllépte az 1 milliárdot.

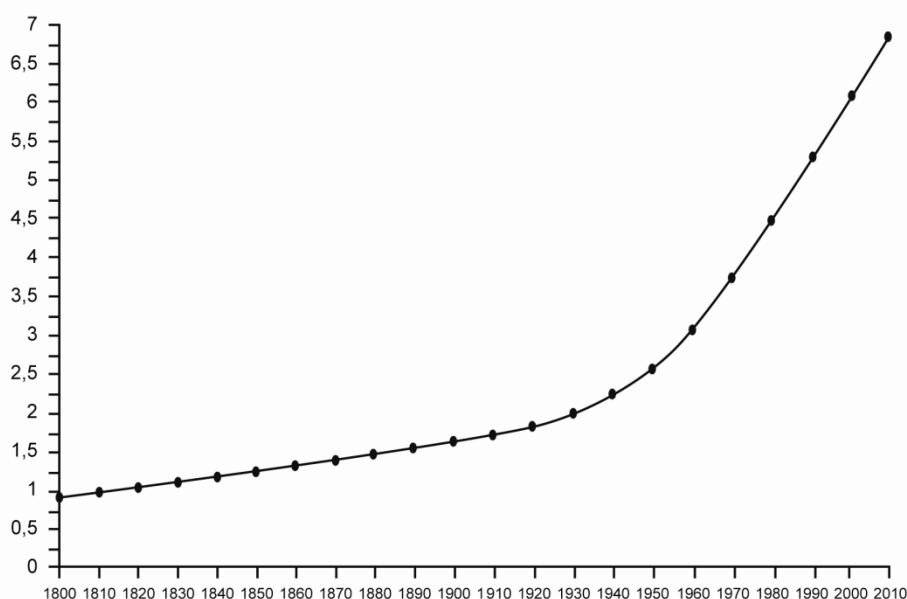
Hosszú időn keresztül a világ népessége csak nagyon lassan változott. A gyűjtögetésen, halászaton, vadászaton alapuló társadalmak létszáma a becslések szerint igen alacsony volt. Ebben az időben csak néhány millió ember lakhatta a Földet, hiszen a népesség eltartásához igen nagy területre volt szükség (négyzetkilométerenként 8–15 fő) és az emberek a szárazföldnek csak kis részén élhettek. A népességnövekedés megindulását a munkaeszközök fejlődése, az állattartó életforma és az öntözéses földművelés elterjedése tette lehetővé. A Kr. e. VIII–IX. évezredben az emberi életre különösen kedvező területeken viszonylag nagyobb népességkoncentráció alakult ki. Európában jóval később alakult ki a földművelés azon formája, ami népességnövekedést eredményezhetett. Kr. e. 4000 és 3000 között a népesség növekedése szempontjából fontos lépést jelentett a politikai állami rendszerek kialakulása, melyek hatására nagy népességű városi civilizációk alakultak ki. Ezek a populációk az Alsó-Nílus körzetében, Alsó-Mezopotámiában, az Indus völgyében, a Sárgafolyó körzetében és Közép-Amerika maják lakta területein éltek.

Az első számszerű adatokat az Augustus császár által elrendelt népszámlálás biztosítja, Kr. u. 14-re vonatkozóan. E szerint az akkori Római Birodalom 3,3 millió négyzetkilométeres területén 54 millió ember élt, ami négyzetkilométerenként 16 lakost jelentett. A középkorra vonatkozóan nem rendelkezünk pontos adatokkal az egyes országok és a világ népességére vonatkozóan, de egy-egy ország adatából, illetve történelmi leírásokból tudjuk, hogy a Föld népességszáma a XVII. századig nem fejlődött egyenletesen. A népesség gyarapodását népvándorlások, járványok, természeti csapások és háborúk vetették újból és újból vissza. Az emberiség számszerű fejlődését a XVII. század közepétől kezdve már megbízhatóbb adatokon alapuló becslések segítségével követhetjük nyomon.

A XVII. század közepére a világ népességét 500 millióra becsülik. A világ össznépessége ettől az időtől kezdve eleinte lassan, majd egyre gyorsuló ütemben növekedett, és növekszik napjainkban is. Az 1650. év körüli népesség megduplázódásához több mint 200 évre volt szükség. A XIX. században megkezdődött rohamos népességfejlődést nevezik első demográfiai forradalomnak vagy népességrobbanásnak. Ez a fejlett régiókban ment végbe, ami a társadalmi-gazdasági fejlődés következtében indult el előbb Észak- és Nyugat-Európában, majd Európa más részein és Észak-Amerikában. Ezt az első demográfiai forradalmat az urbanizáció és a közegészségügy fejlődésének hatására bekövetkező csökkenő halandóság okozta. A természetes népesedés XVIII. századi 0,2%-os évi szaporodását a XIX. század második felére már több mint 1%-os növekedés váltotta fel, amelynek szintje az 1930-as évekig fenn is maradt.

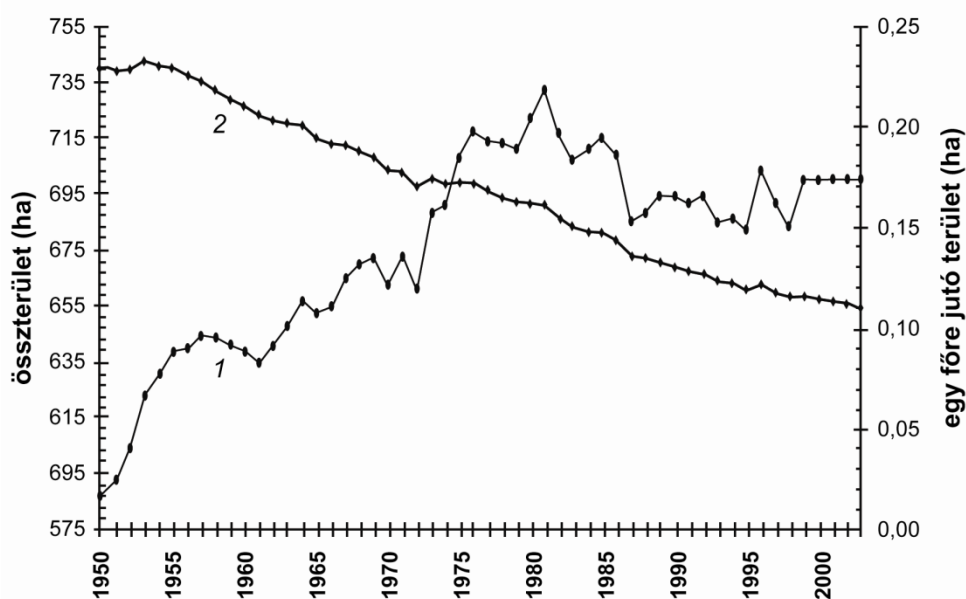
A XX. század két világháborúja valamennyi földrész népességalakulására hatással volt. A II. világháború utáni időszakban alakult ki a világ népességfejlődésének újabb korszaka, amit a második demográfiai forradalomnak nevez a szakirodalom. Ez, ellentétben az első demográfiai robbanással, a fejlődő világ országaiban következett be. A fejlett országok közegészségügyi vívmányainak átvételével ezekben az országokban is gyorsan csökkenni kezdett a halandóság. Legfőképpen a csecsemőhalandóság mutatói javultak. Ugya-

nakkor a termékenység színvonala alig esett vissza. Ez azzal járt, hogy a fejlődő világ eddig soha nem tapasztalt ütemű népszaporodást produkált. A fejlődő országokban a népeszsaporodás évi üteme 1970-re megháromszorozódott, így elérte a 2,4%-ot, és ez azóta csak 1,9%-ra csökkent. A Föld 1950-es, 2,5 milliárd körüli népességszáma 2000-re elérte a 6 milliárdot, és ennek közel 80% a fejlődő országokban él. Ez azt is jelenti, hogy a világ népességszámának duplázódási ideje lecsökkent 30-35 évre. A világ népességének a gyarapodása 1950 és 1990 között gyorsuló ütemű volt, majd az 1990-es évektől mérséklődik. A növekedés ütemcsökkenésének jelentős része (32 millió) a kínai népességgyarapodás mérséklődéséből adódott. Az utóbbi két évtizedben évente közel 80 millióval gyarapszik a világ népessége. Ez a növekedés nagy valószínűséggel tovább tart, hiszen a nagy népességnövekedésű térségekben jelentős mértékben megnőtt a fiatal korosztály aránya, amely tovább növeli az adott térség országainak lélekszámát (ENSZ-adatok alapján) (1.3.4. ábra).



1.3.4. ábra: A Föld népességének változása 1800 óta, milliárd fő  
(Rakonczai, 2003 nyomán)

A nagyfokú népességrobbanás hívta fel a felelősen gondolkodó tudóstársadalom és a politika figyelmét a világ élelmezési gondjainak súlyosságára és a Föld eltartóképességének a kérdésére (Vester, 1982). Az egyre gyarapodó népesség élelmezési problémájának megoldására a mezőgazdasági művelésbe vont területeket egyre növelték, s ezen belül elsősorban a gabonatermő területek nagyságát. Ugyanakkor az egy főre eső termőterület folyamatosan csökkent (1.3.5. ábra). Termékenységi és talajdegradációs problémák miatt azonban az 1970–80-as években jelentős szántóterületeket hagytak fel világszerte. A talajpusztulás igen sokrétű környezeti probléma, a felhagyott szántók természeti és környezeti szempontból egyaránt értéktelen élőhelyekké válnak.



1.3.5. ábra: A művelésbe vont terület (1) és az egy főre jutó termőterület (2) változása a világban (1950–2000) (Rakonczai nyomán, 1993)

#### 1.4. Az energetikai létesítmények hatása a tájra

Az előző fejezetből látható, hogy az energiatermelés bármely formája markáns hatással van környezetünkre. A hatások leglátványosabb része közvetlen. A közvetett hatások is igen fontosak lehetnek, gondoljunk csak az üvegházgázokra. Minden energetikai létesítmény domináns eleme a tájnak, annak átalakulásához meghatározó módon hozzájárul. Földünkön a legtöbb táj ma egyszerre természeti és társadalmi-gazdasági képződmény, környezetünk gyorsan változó része. A változások fő okozója maga az ember tájtalakító tevékenysége. Ezek egyik legfontosabbika az energiatermeléssel kapcsolatos tevékenységek és létesítmények.

Szerte a világban – különösen a fejlett országokban – számtalan, természetes tájba nem illő létesítmény, ún. tájidegen elem található, amely közvetlenül vagy közvetve az energia-termelő iparral kapcsolatos. Bármerre visz utunk Európában, mindenfelé nagyfeszültségű távvezetékek tartóoszlopaival és hálózatával találkozunk, amelyek jelentős tájtalakító tényezők. A transzformátorállomások szintén a táj kevésbé esztétikus részei. A szénfelhasználású hőerőművek „melléktermékei” a salakhegyek (1.4.1. ábra) és a zagyterek, a szénbányászat eredményeként pedig bányagödrök és meddőhányók ezrei maradnak hátra a tájban. Csak Magyarországon jelenleg kb. 15 000 olyan „tájseb” található, amely bányászati tevékenységgel összefüggésben keletkezett és helyreállításuk eddig nem valósult meg, pedig a jelenleg érvényben levő bányatörvény kötelezően előírja a bányászattal kapcsolatos gödrök, bánya- és salakmeddők rekultivációját. A bányászat beindulásával ökológiai és társadalmi folyamatok indultak el. E folyamatok nagy része hosszú ideig érezteti hatását, sőt a bányászatnak vannak visszafordíthatatlan következményei is. A hatások jelentős része kedvezőtlen.



1.4.1. ábra. Salakhányó Salgótarján külterületén (Virág Magdolna felvétele)

Európa országai, köztük Magyarország is, a XIX–XX. század fordulójától kezdődően jelentős iparosodási folyamaton ment keresztül. Az ipartelepítés során a különböző eredetű, koncentráltágú és környezetkárosodást okozó üzemek telepítésekor azonban nemigen vették figyelembe a táj szerkezetének, a növényzet, az állatvilág, az élővizek állapotának és a lakosság egészségének a megőrzését. Ilyen módon jöhettek létre azok a koncentrált ipari körzetek, melyek üzei már több évtizede súlyos környezetszennyezési források, akár úgy, hogy különböző eredetű égéstermékeket juttatnak a levegőbe, akár pedig úgy, hogy melléktermékeiket a nem megfelelő tárolás és hulladékkezelés miatt a talajba, talajvízbe, illetve az élővizekbe juttatják. Ezt a sort egészítik ki az elhagyott meddőhányók, az erőmű salakhegyei, amelyek bizarr alakjukkal érdekes színfoltjai ugyan a vidéknek, de nem tájba illők, emellett súlyos környezeti veszély kockázatát is hordozzák magukban (1.4.1 ábra). A salakanyag lepusztulásának – és így a szennyezésnek is – a mértékét alapvetően befolyásolják a kúpok felszínén kialakult növénytakaró tulajdonságai.

## 1.5. Összefoglalás

Az ember viszonya környezetéhez – a többi élőlényéhez hasonlóan – biológiai probléma is, annak ellenére, hogy a társadalomban élő ember a világ egészével folytatott „anyagcsere-jét” speciális formában, a munka révén valósítja meg. Az emberiség létének feltételeit bolygónkon biológiai értelemben is biztosítani kell. Az élő állapot azonban nemcsak a lét-fenntartó biológiai folyamatok lefutását jelenti, hanem az élő szervezetek állandó kölcsönhatását is azzal a környezettel, amelynek „keretei” között élnie kell.

Az emberiség a természeti környezetével való viszonyt szinte napjainkig elég egyoldalúan értelmezte. Gyakran erőszakosan elvette és céljai érdekében hasznosította mindazt, amire szüksége volt. Ennek következményeként a bioszféra degradációja már olyan méreteket öltött, hogy felelős tudósok, politikusok és civil szervezetek felhívták a világ figyelmét arra, hogy a környezettel szembeni magatartásunkon gyökeresen változtatni kell, ha nem akarjuk fennmaradásunkat is veszélyeztetni.

A veszély valódi mértékét növeli, hogy a környezet szennyeződésének káros hatásai jelenleg még nincsenek kellő alaposággal feltárva; tanulmányozásuk módszertana sok vonatkozásban kidolgozatlan; a bioszféra degradációjának káros következményei nehezen

érzékeltetők és prognosztizálhatók, ezért a figyelem nem mindig összpontosul a tényleges megelőzésre. Az emberi környezetnek alapvetően három összetevője van: az élettelen természet (a lito-, pedo-, a hidro- és az atmoszférából összetevődő geoszféra), az élővilág (a bioszféra) és a társadalom (a nooszféra). Ezek mindegyike önmagában véve is rendkívül bonyolult, összetett jelenségcsoport, ráadásul egymással is jellemző kölcsönhatásban vannak.

A környezetvédelem olyan megelőző jellegű társadalmi tevékenység, amelynek célja a természeti környezet (alapkőzet és talaj, víz, levegő, élővilág) és művi alkotások (pl. műemlékek) megóvása mindazon hatásoktól, amelyeket az emberiség igényeinek kielégítése céljából veszélyeztetik vagy visszafordíthatatlanul károsítják. A környezetvédelem széles körű tevékenység, ami nagyon sok tudomány oldaláról igényel speciális ismeretanyagot.

## 1.6. Függelékek

### 1.6.1. Bibliográfia

- Kerényi Attila: Környezettan. Mezőgazda Kiadó, 2003, Budapest.
- Kerényi Attila: Általános környezetvédelem. Mozaik Kiadó, 2006, Szeged.
- Kovács Margit: A nagyvárosok környezete. Gondolat, 1985, Budapest.
- Láng István (főszerk.): Környezet- és természetvédelmi lexikon I., II. Akadémiai Kiadó, 2002, Budapest.
- Lovelock, J. E.: Gaia – A földi élet új nézőpontból. Göncöl Kiadó, 1987, Budapest.
- Meadows, D. H. – Meadows D. J. – Zahn, E. – Milling, P.: The Limits to Growth. Universe Books, 1972, New York.
- Moser, M. – Pálmai, Gy.: A környezetvédelem alapjai. Tankönyvkiadó, 1992, Budapest.
- Persányi Miklós (szerk.): Közös jövőnk. A Környezet és Fejlesztés Világbizottság jelentése. Mezőgazdasági Kiadó, 1988, Budapest.
- Rakonczi: Globális környezeti problémák. Lazi Könyvkiadó, 2003, Szeged.
- Rakonczi János: Globális környezeti kihívásaink. Universitas Szeged Kiadó 2008.
- Takács-Sánta András: Bioszféra-átalakításunk nagy ugrásai. – L'Harmattan Kiadó, 2007, Budapest.
- Tardy János (szerk.): Természetvédelem 1994. Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium, 1994, Budapest.
- Vajda György: Energiaellátás ma és holnap, Kiadó: MTA Társadalomkutató Központ, Budapest 2005.
- Vester, F.: Az életben maradás programja. Gondolat kiadó, 1982, Budapest.

### 1.6.2. Fogalomtár

**Agenda 21:** feladatok a 21. századra, a fenntartható fejlődés globális programja, amelyet 1992-ben fogadott el a „Környezetről és Fejlődésről” a Rio de Janeiróban tartott ENSZ-konferencia. A konferencia mélyrehatóan foglalkozott a fenntarthatóság érdekében a gazdasági fejlődés, a társadalmi haladás és a környezetvédelem célkitűzéseivel és a teendőkkel.

**Brundtland-jelentés:** a Környezet és Fejlesztés Világbizottság jelentése, amelyet 1987-ben adtak ki. Áttekinti a természeti környezet és a társadalmi változások globális léptékű folyamatait. A globális problémák megoldásaként a fenntartható fejlődést mint stratégiát javasolja. Brundtland, Gro Harlem (1939– ) több ciklusban Norvégia miniszterelnöke, előtte környezetvédelmi miniszter. A Környezet és Fejlesztés Világbizottság elnöke 1984–1987 között. Ez a bizottság készítette el a Közös Jövőnk c. jelentést

**Johannesburgi Konferencia:** 2002 augusztusában zajlott a fenntartható fejlődés világ csúcstalálkozó. A konferencia fő kérdése a fenntartható fejlődés volt, ami lényegesen több, mint a manapság sokszor emlegetett fenntartható gazdasági fejlődés. A két fogalom nem összekeverhető.

**Meadows-féle világmodell:** globális rendszermodell, amellyel a világfolyamatokat próbálták meg prognosztizálni különböző forgatókönyvek (szcenáriók) alapján. Ezt a modellezést használta fel a Római Klub a *Növekedés határai* c. tanulmányában.

**Népeségrobbanás (demográfiai robbanás):** a világnépesség szaporodási ütemének ugrásszerű növekedése, ami az orvostudomány, a közegészségügy és a civilizáció eredményeként alakult ki.

**Római Klub:** nemzetközi csoport, amely 1968-ban, Rómában alakult azzal a céllal, hogy a világ tudomására hozza az emberiség létét veszélyeztető globális problémákat. A testület a „Növekedés határai” c. első jelentését 1972-ben adta ki.

**Riói Konferencia:** Riói Csúcs néven is ismert, ENSZ-konferencia a Környezetről és a Fejlődésről 1992-ben, a stockholmi konferencia 20. évfordulóján. A konferencia alkalmából két nemzetközi egyezmény is született: az Éghajlatváltozási Keretegyezmény és a Biodiverzitás Egyezmény.

**Stockholmi Konferencia:** az Egyesült Nemzetek Konferenciája az Emberi Környezetről. Az ENSZ első környezetvédelmi világkonferenciája 1972 júniusában. Először mutattak rá a világ környezetvédelmi problémáira és az együttműködés szükségességére.

## 2. A GLOBALIZÁCIÓ KÖRNYEZETTERHELÉSE (CSÜLLÖG GÁBOR)

A fejezet célja társadalomföldrajzi szempontok alapján összefoglalni azokat a legfontosabb gazdasági-társadalmi folyamatokat, amelyek ma globális szinten befolyásolják környezetünk állapotát.

### 2.1. A társadalom és a környezet viszonya

Az ember társadalomtörténeti fejlődése szorosan összefüggött a környezet megismerésével, a változásaihoz való folyamatos alkalmazkodással. A korai népességszám a kedvező környezeti viszonyok között lassan növekedett, majd a környezeti változások kényszere, valamint a sikeres alkalmazkodás következtében, megindult a népességcsoportok térbeli terjeszkedése. A környezettel való kölcsönhatás fokozatosan alakította az ember képességét a környezetben rejlő adottságok hasznosítására, kialakult a környezeti erőforrásokra épülő gazdálkodás rendszere. A lokális népességcsoportokból a gazdálkodás következtében kialakultak a hierarchikusan szervezett társadalmak, amelyeknek már nemcsak a lehetőségei és képességei voltak jóval erőteljesebbek a korábbiaknál, hanem ezzel együtt szükségleteik és igényeik is komolyan megnövekedtek. Így jutott el az emberi társadalom a korai lokális népesség közösségeinek egyszerű környezethasználatától a környezethasznosításon keresztül a szervezett társadalom saját célú és érdekű környezetformálásához, amely hosszú évezredek alatt a környezet jelentős átalakításához vezetett.

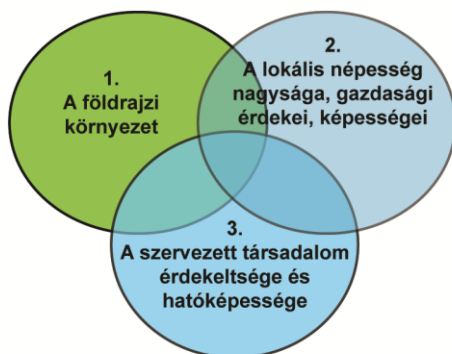
A társadalom ráhatása a környezetre egyre inkább kettőssé vált: egyrészt közvetlen ráhatás éri a környezetet a lokális népesség (települések, gazdasági terek) saját szükségletének kielégítése révén, másrészt a fejlődéssel egyre erősödő közvetett ráhatás jelent meg a szervezett társadalom (államok gazdasági terei, világgazdasági folyamatok stb.) oldaláról. Így a lokális népesség a magasabb társadalmi kényszerek révén a saját szükségleténél sokkal erőteljesebben hasznosítja környezetét. Míg a korai időkben a helyi szükségletek kielégítése és a környezet terhelése egyensúlyban volt, a társadalom fejlődésével és bővülésével egyre szélesebb körű és erőteljesebb hatás irányult a környezetre. Ezzel a folyamat egyre inkább elszakadt a lokális érdekektől, így a környezet terhelése és a hasznosítási érdek területileg elvált egymástól. Ennek következtében a Föld jelentős részén a környezet és a társadalom viszonyának korábbi egyensúlya felbomlott.

A társadalom a környezetnek már nemcsak egy összetevője a sok közül, hanem a természet által ráosztott szerepéből kinőve a környezet domináns alakítója lett. Ennek mértéke régóta erős vita tárgya. A geodeterminista nézet szerint az embert mindig a természeti környezet határozza meg, mivel erősen függő része a természetnek, amin nem tud változtatni. A posszibilista nézet szerint a természet lehetőségeket kínál az ember és a társadalom számára, amellyel képessége, szervezettsége, eszközei és igényei szerint tud élni, ezt mutatja az emberi társadalom történeti fejlődése. A környezeti katasztrófák lehetőségét felvetők szerint az ember társadalmi érdekei önzővé váltak a természettel szemben, technológiai képességei pedig lehetővé teszik, hogy növekvő igényei kielégítése közben kizsákmányolja a természetet és olyan változtatásokat hajtson végre, amely visszafordíthatatlan károkat eredményez, ez pedig akár saját kipusztulásához is vezethet.



A társadalom a környezetet a gazdaság szakemberei szerint felhasználja, a kapitalista gazdasági rendszer árnyoldalainak kritikusai szerint kihasználja, a gazdasági növekedés mindenhatóságát tagadók szerint inkább elhasználja. Az viszont kétségtelen tudományos tény, hogy az emberi társadalom az utolsó kétszáz év ipari folyamatai és népességnövekedése következtében olyan változtatásokat indított el a környezetben, amely mára már nemcsak az élővilág egy jelentős részének okoz problémát, de az ember saját életterét is jelentősen károsítja, komoly aggodalmakat keltve a jövőre nézve (2.1.1. ábra).

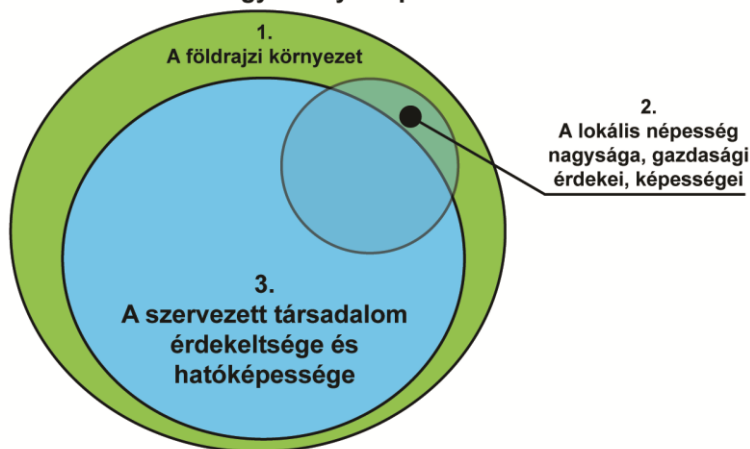
#### A környezethasznosítás történeti változásának alakítói



#### Az egyensúly állapota



#### A felbomlott egyensúly állapota

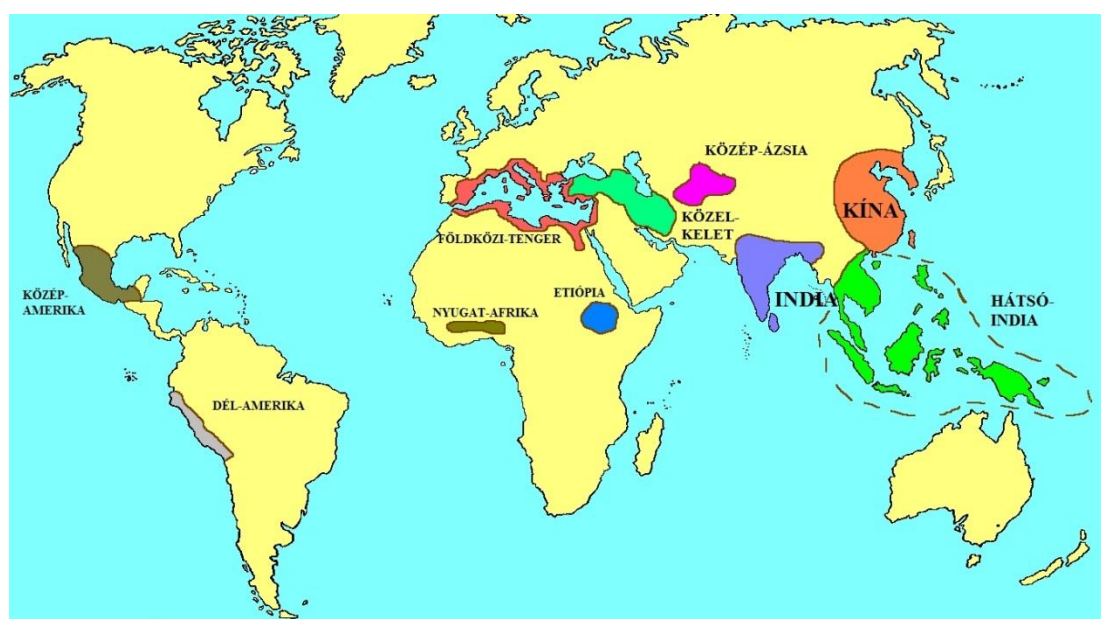


2.1.1. ábra. A környezet és társadalom viszonyának egyensúlybomlása

## 2.2. A globális gazdaság kialakulásának története

### 2.2.1. A korai, elzárt kultúrák korszaka: i. e. 3. – i. e. 1. évezred

A szerveződő lokális társadalmak differenciálódása, és érintkezése révén alakultak ki a magaskultúrák, a korai államok. Ezek alapvetően kedvező földrajzi körülmények között, tengerpartok, alföldek, folyóvölgyek, medencék területén és a mezőgazdasági termelésre jó adottságú térségekben jöttek létre (2.2.1. ábra). Gazdálkodásuk főleg magtermesztő gabonagazdálkodásra épült, amelynek hozamát megsokszorozta a társadalmi, állami szervezetség (árasztásos és öntözéses gazdálkodás). Ez lehetővé tette a társadalmi munkamegosztás erősödését, az ipari eszköztermelést, a kereskedelem kialakulását és bővülését, valamint a társadalom differenciálódását. Megjelentek az első városok, elindult az urbanizáció folyamata. Koncentrálódó és fejlődő magterületek jöttek létre Kelet-Ázsiában, a mai Kína területén, Indiában, Mezopotámiában, Anatóliában, a Nílus mentén. Köztük és más földrajzi térségekben fejletlen társadalmak által lakott vagy kiterjedt lakatlan területek voltak. A környezetre gyakorolt hatás elsősorban a termőföld intenzív hasznosításában, az öntözőrendszerek kialakításában, a városok kiépítéséhez szükséges kitermelésben és egyes területeken jelentős erdőirtásokban nyilvánult meg maradandóan.

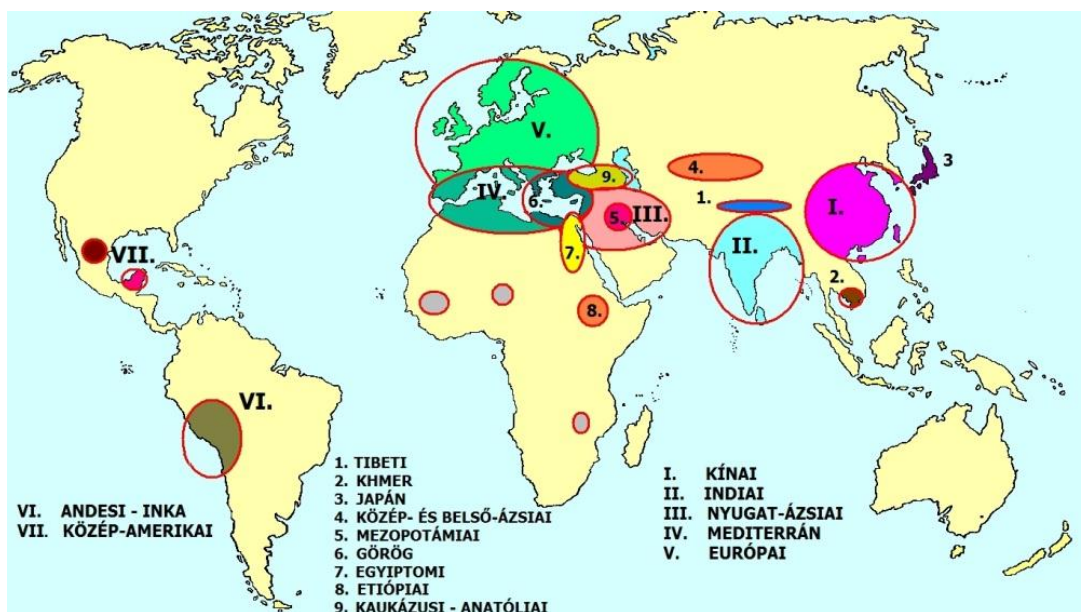


2.2.1. ábra. A korai magaskultúrák magterületei

### 2.2.2. A terjeszkedő kultúrák korszaka: i. e. 1. évezred – i. u. 15. század

Bizonyos földrajzi térségekben a kifejlődő magaskultúrák hosszan tartó államiságot tudtak fenntartani, ennek következtében gazdálkodásuk bővíthetővé vált, társadalmuk erőteljesebben differenciálódott, a természetről szerzett ismereteik nemcsak a mindennapi életbe és gazdálkodásba épültek be, de megjelent azok írásbeli rögzítése, hagyományozása, vallási és filozófiai értelmezése is. A magaskultúrák innovációs és kulturális hatása a terjeszkedő kereskedelem és a területi terjeszkedés következtében erőteljessé vált. A jelentős gazdasági és kulturális hatású államok (az időszámítás előtti egyiptomi, anatóliai, föníciai, etruszk, görög, majd az időszámítás utáni 6. századtól az európai feudális államok) mellett kialakultak a korszak meghatározó birodalmi struktúrái (kínai császárságok, indiai álla-

mok, mezopotámiai birodalmak, a perzsa, macedón, római, bizánci és oszmán birodalom). Ezek tér- és időbeli egymásra hatása alakította ki az emberiség történetében meghatározó afro-eurázsiai kulturális tengelyt a kelet-kínai térségtől Közép-Ázsián, a Gangesz és az Indus alföldjén, az Iráni-medencén, Mezopotámián, a Nílus völgyén, Anatólián és a Mediterrániumon át Európa nyugati feléig (2.2.2 ábra). Ez volt az emberiség történetében az első nagy kiterjedésű, hatásában és fejlődésében összefüggő földrajzi térség. A környezetátalakításra épülő, jól szervezett intenzív agrárgazdaságok tették lehetővé, hogy a társadalmak megoldják a holocén klímaingadozás kihívásait, amelyre gyakori válasz volt a társadalmi gazdasági súlypontok területi áthelyeződése, mint pl. az i. e. első évezred második felében az ázsiai térségből a Földközi-tenger térségébe, majd az időszámítás után a szárazföldi Európa területére. Egyes területeken a folyamatos agrárgazdálkodás, a megtelepedési tér növekedése, az urbanizáció, a hadseregek és a hajózás jelentős eszközigénye komoly környezetátalakítással járt. Elsősorban a természetes növényzet szorult vissza, a fakitermelés következtében jelentős erdőirtások zajlottak, a művelhető területeken uralkodóvá vált a fás és a szántóföldi kultúrnövényzet. Voltak olyan térségek (Belső- és Közép-Ázsia, Kelet-Európa), amelyek kedvezőtlenebb földrajzi környezete érzékenyebb volt a klímaingadozásokra, ezért kevesebb népességet tudott eltartani, így az időnként képződő népességfeleslegből komoly vándorlások indultak meg a centrumok (Kína, India, Európa) felé. Ennek következtében mindhárom centrumban igen erőteljes kulturális és etnikai keveredés jött létre, ami erősítette a társadalmi és gazdasági fejlődést, így a következő korszakban fontos szerepet játszó Európa is igen összetett kulturális gyökerekkel rendelkezett.



2.2.2. ábra. Az afro-eurázsiai kulturális tengely

### 2.2.3. A kultúrák összekapcsolódásának korszaka, 15–20. század

A 14–15. században lezajló európai társadalmi-gazdasági folyamatok következtében a kulturális súlypont áthelyeződött az atlanti térség megerősödő és központosodó államaiba, a portugál, spanyol, francia és angol királyságba. A központi hatalom támaszaként erősödő városi polgárság növekvő szerepének következtében komoly állami érdekké vált a kereskedelem. Megindult az óceáni hajóutak keresése Ázsia gazdag térségei felé, ez pedig

újabb és újabb területek felfedezésével és meghódításával járt. ***Először jelent meg egy földrajzi térség kultúrája az összes földi kultúra földrajzi terében egyszerre, egy időben.*** Az európai államok gyarmatosítása kiindulópontja lett az egységes világgazdaság megszervezésének, mivel alapvetően az európai gazdaság kiépítését jelentette a hatásuk alá vont kultúrák területén. *A modern európai gazdasági rendszer tehát nagymértékben épült más kultúrák erőforrásainak megszerzésére és hasznosítására.*

A belső társadalmi folyamatok és a jelentős belső és külső erőforrások kiaknázása következtében igen erőteljes gazdasági fejlődés indult meg a nyugat-európai térségben, amely a politikai folyamatokon keresztül Európa más térségeire, valamint a gyarmati rendszereken keresztül az egész világra hatással volt. Létrejött az a kapitalista gazdasági rendszer, amely az egységesülő kereskedelmi, ipari és pénzügyi folyamatain keresztül kezdte felépíteni az igen hierarchizált és tőle függő globális gazdaságot. Ebben a korszakban három folyamat vált meghatározóvá:

1. A népesség számbeli növekedésének felgyorsulása – a népesedési folyamatok [globalizációja](#).
2. A népesség területi koncentrációjának erősödése – az urbanizációs folyamat globalizációja.
3. A gazdasági folyamatok teljes globalizációja, amely ma a környezethasznosítás ugrásszerű mennyiségi és minőségi növekedését eredményezi. Ennek elosztása pedig a kialakult gazdasági potenciál és politikai erőviszony szerint egyenlőtlenül történik és komoly hozzáférsi különbségeket eredményez.

## 2.3. A világnépesség növekedése

### 2.3.1. A népességszám

A népesség számát rendszerint valamilyen területi kategóriához tartozóan adják meg, ez általában valamilyen közigazgatási egység: települések, megyék, országok, de fontosak a kontinensekre és a világnépességre megadott értékek is. Az ókori városokban a polgárjoghoz tartozó vagyoni cenzus alapján tartották nyilván a népességet, a középkori európai városokban az adófizetés kapcsán, majd a templomi születési, de főleg a halotti anyakönyvek alapján. A modern korban, a 19. századtól vált széles körűvé az országok népességének összeírása. Természetesen a népességszámra a legpontosabb értéket a népesség konkrét megszámlálása adja, erre azonban ritkán van lehetőség. Ma a fejlett országokban általában 10 évenként végeznek el a teljes népességre vonatkozó összeírást, amely komoly statisztikai adatbázist képez, és a több mint százéves adatsorok nagyon jó alapot adnak a népességszám változásának követésére. Természetesen ezek sem tudják lefedni százszázalékosan a teljes népességet, ezért az éves statisztikai adatszolgáltatások alapján (anyakönyvi, foglalkoztatási, lakcímváltozási stb.) és a különböző statisztikai számításokkal végzett becslésekkel, valamint az időközönként kiválasztott minta alapján végzett részleges felmérésekkel egészítik ki. Különösen így van ez a kevésbé fejlett országoknál, ahol anyagi és egyéb okokból nem képesek a rendszeres összeírásokra. Általában tehát összeírások és a statisztikai becslések alapján adják meg a népességszámokat.

### 2.3.2. A népességszám változása

Egy adott területi kategórián belül a népességszám változását a következők alakítják:

- a természetes demográfiai folyamat, amely a születések és a halálozások számából áll össze,
- a vándorlási egyenleg, amely az adott területre való be- és kivándorlás viszonyításából adódik.

A népességszám alapvetően tehát egy természetes demográfiai folyamat révén változik, ennek statisztikai mutatója a **természetes szaporodás** rátája, amely a *születési ráta* (az adott évben 1000 lakosra jutó élve születések száma) és a *halálozási ráta* (adott évben 1000 lakosra jutó halálozások száma) viszonyításából kapott érték ezrelékben. Ha több a születés, mint a halálozás, akkor pozitív a változás, azaz **természetes növekedésről** beszélünk, ha kevesebb a születés, mint a halálozás, akkor negatív a változás és **természetes fogyásról** van szó. A különböző területi kategóriák esetében (kivéve a világnépességet) ezt a természetes demográfiai folyamatot módosíthatja a területre vonatkozó be- és kivándorlás. A teljes népességszám változásához hozzászámolják a **vándorlási egyenleget**, ami akkor pozitív, ha többen vándoroltak be, mint ki és akkor negatív, ha többen vándoroltak ki, mint be. Általában a természetes szaporodás esetében a kiegyensúlyozott és mérsékelt növekedés a kedvező demográfiai folyamat, amelyet sok egyéb tényezőtől függően kedvezően, vagy kedvezőtlenül módosíthat a vándorlási egyenleg. A 20. század egyszerre mutatott példát a nagyon gyors és erőteljes növekedés (a magas természetes szaporodási érték) és az erőteljes természetes fogyás társadalmi-gazdasági problémáira. Ezekről részletesebben lesz szó a következő részben.

### 2.3.3. A világnépesség növekedési üteme

A világnépesség száma 2012. január 15-én az U. S. Bureau of the Cencus (Egyesült Államok) interneten követhető számlálóján:

<b>6 987 732 851 fő</b>
-------------------------

Ez a népességszám azonban igen sajátos történeti folyamat révén alakult ki. A történeti demográfusok szerint a világnépesség növekedése hosszú évezredekig lassú volt, amelyre először hosszabb, majd egyre rövidülő megkétszereződési időszak volt jellemző. Lehetek közben olyan időszakok, amikor kisebb fogyás is előfordulhatott és olyan időszakok, amikor erőteljesebb növekedés volt. Természetesen voltak olyan térségek, legfőképpen a magaskultúrák magterületein, ahol bizonyos fejlődési korszakokban más földrajzi térségeknél erőteljesebb volt a népesség növekedése. Összességében mindezek hosszú idő alatt kiegyenlítődték és a világnépesség lassan, de növekedett. (2.1. táblázat)

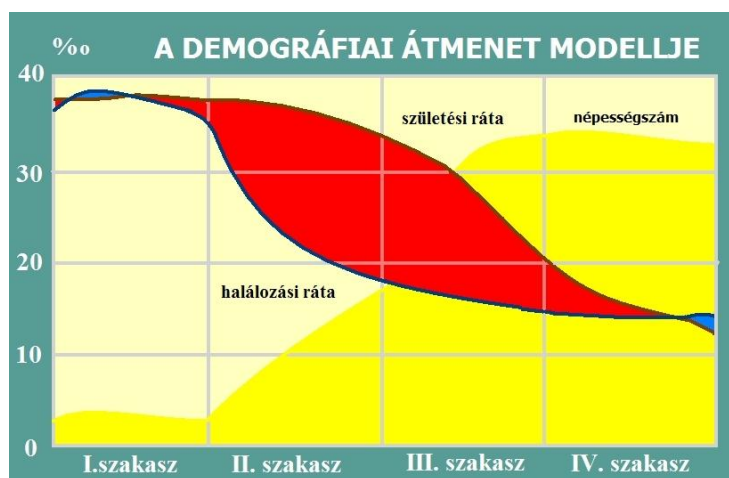
Az utolsó háromszáz évben komoly változás történt a világnépesség növekedési ütemében. 1700-tól a korábbi időszakokhoz képest erőteljesen felgyorsult a népesség növekedése, a megkétszereződés először 150 év, majd a 20. század végén már csak 40 év volt. Ahogy a táblázatból látható, a 21. században várhatóan lassulni fog a növekedés üteme és ismét nő valamennyivel a megkétszereződés időszaka, de a magas népességszám miatt a világnépesség még egy ideig növekedni fog.

Időszak	Becsülhető népességszám	A megkétszereződés ideje
i. e. 10 ezertől 7 ezerig	5-ről 10 millióra	3000 év

i. e. 7 ezertől 4500-ig	10-ről 20 millióra	2500 év
i. e. 4500-tól 2500-ig	20-ről 40 millióra	2000 év
i. e. 2500-tól 1000-ig	40-ről 80 millióra	1500 év
i. e. 1000-tól az isz-ig	80-ről 160 millióra	1000 év
i. sz. kezdetétől 900-ig	160-ről 320 millióra	900 év
900–1700	320-ről 600 millióra	800 év
1700–1850	600-ről 1200 millióra	150 év
1850–1950	1200-ről 2500 millióra	100 év
1950–1990	2500-ről 5300 millióra	40 év
1990–2085	5300-ről 10 200 millióra	95 év

2.1. táblázat. A világnépesség történeti növekedése a megkésztározési időszakokkal  
Forrás: Tóth J. (szerk.) Világföldrajz alapján

A 18. századig tartó időszakot a lassú növekedés időszakának, tradicionális demográfiai korszaknak nevezzük. A 18. századtól a 21. századig tartó időszakot pedig a demográfiai átmenet korszakának, amikor átmenetileg a világnépesség gyors növekedése megy végbe. Azért átmeneti, mert már látszik, hogy nem tart hosszú ideig és utána a növekedés ismét lelassul.



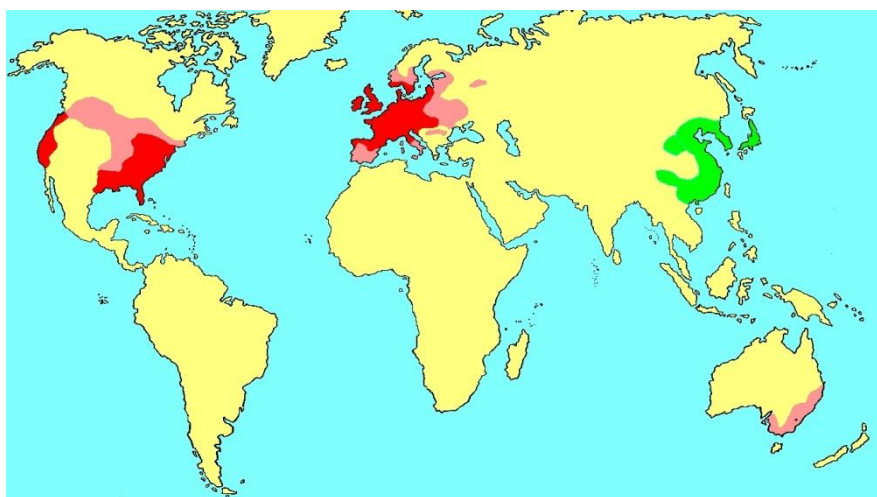
2.3.1. ábra. A demográfiai átmenet modellje  
(a piros színnel jelölt tartomány a természetes szaporodás, a kék a természetes fogyás mértéke)

A 2.3.1. ábrán látható, hogy az első szakasz elején magas a születési és a halálzási ráta, kicsi köztük a különbség, a népesség lassan nő, ekkor a népességben túlsúlyban vannak a fiatal korosztályok. A demográfiai átmenetben a gyors növekedést a társadalmi, gazdasági okokból bekövetkező halálzási ráta csökkenése indítja el (tehát nem a születések számának emelkedése), ekkor megnő a természetes szaporodás értéke. A második szakasz végén és a harmadik elején igen nagy a pozitív különbség a születések és a halálzások között, vagyis ekkor ugrik meg jelentősen a népesség növekedési üteme és növekszik erőteljesen a népesség száma. Majd a halálzási ráta csökkenése lelassul, a születések csökke-

nése viszont erősödik. A negyedik szakaszban a kettő ismét közelít egymáshoz, de már alacsony értékeken és a növekedés ismét lassul. Ugyanakkor az átmenet, a növekedés felgyorsulása és ezzel együtt a népesség számának erőteljes növekedése a világnépesség egészén belül nem egy időben és nem egyformán ment, illetve megy végbe. A népességnövekedés forradalmi változása először a 18. században indult meg Európában, majd Észak-Amerikában. Ezt követte a 20. század közepén az előbbi folyamat által addig nem érintett területen a népesség robbanásszerű növekedése.

#### 2.3.4. A demográfiai forradalom

A 18. század végétől a 20. század első harmadáig tartó korszak egészére átlagosan az évi 8-9 ezrelékes természetes szaporodás volt jellemző, szemben a korábbi tradicionális korszak 1–3 ezrelékével. Ez a hirtelen többszörös ütemnövekedés elsősorban a belső gazdasági fejlődés és társadalmi átalakulás következménye volt azokban az országokban, ahol az ipari forradalom és az urbanizáció jelentős fejlődést és modernizációt hozott. Létrejötték az új társadalmi-gazdasági folyamatoknak megfelelő polgári társadalmak nemzetállamai, nemzetgazdaságai. Az európai társadalmi átalakulás gyorsulása sok politikai, társadalmi problémával járt, de elősegítette az életmód és az életlehetőségek a népességnövekedésnek kedvező változását, köztük az egészségügyi fejlődést, amely csökkentette a halálozások mértékét. Összességében a gazdaság és a népességnövekedés egyensúlya volt jellemző, amit a gyarmatokra és függetlenedő amerikai államokba történő jelentős kivándorlás is elősegített. Természetesen az európai országokban mindez nem egyszerre és egyformán ment végbe. Elsősorban a világgazdasági folyamatokat a 19. században irányító országok, az Egyesült Királyság, Franciaország, Németország és részben Olaszország, valamint Ausztria és Magyarország területén volt jelentős a népesség növekedésének az üteme, majd ez fokozatosan hatott az észak-amerikai kontinensre és az iparosodásnál lassabb ütemben Japánra. A népességnövekedés forradalmi változása tehát a világnépesség egy meghatározott térségben élő és kisebb részét érintette, elsősorban a fejlett világban ment végbe. Ez a népesség mára már túljutott az átmenet szakaszain, korszerkezetében a felnőtt és idősebb korosztály dominál, magas a várható élettartam és alacsony a növekedés üteme, sőt egyes országokban vagy társadalmi csoportokban tartós népességfogyás megy végbe (2.3.2. ábra).

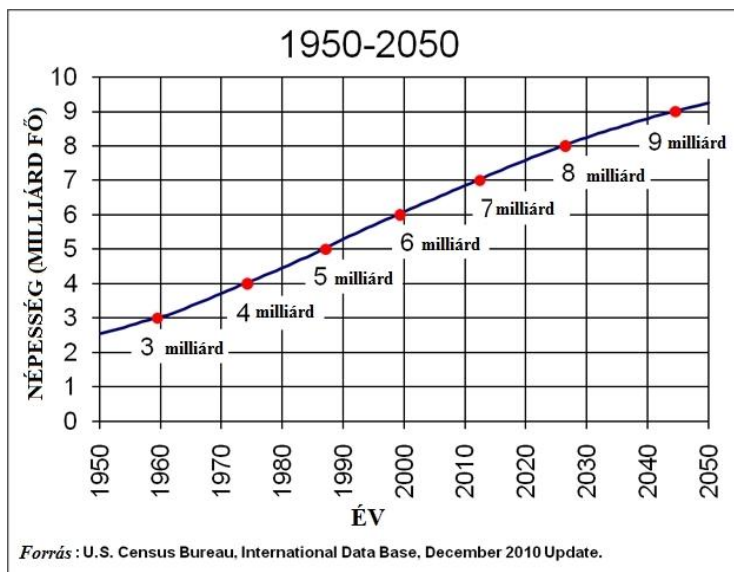


2.3.2. ábra. A demográfiai forradalom által érintett területek

### 2.3.5. A demográfiai robbanás

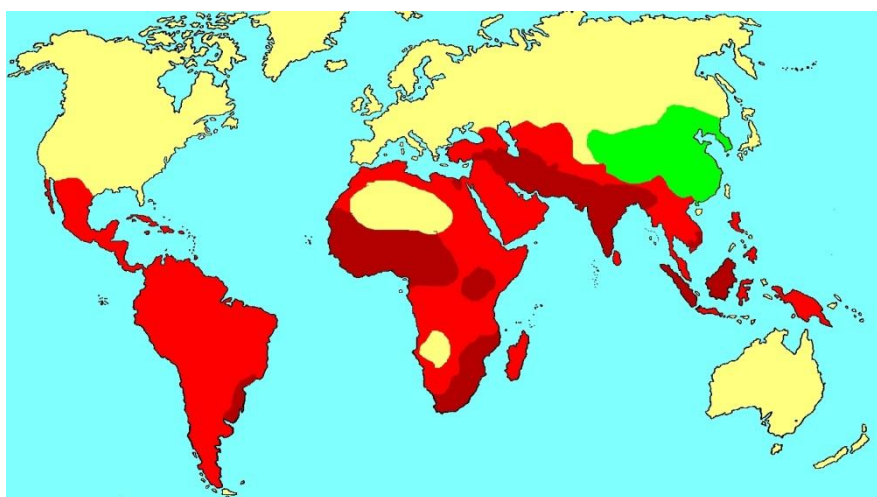
A II. világháború után a gazdasági növekedés felgyorsulásával együtt a világ politikai térképének jelentős átalakulása indult meg. A hidegháború időszakában erőteljes verseny bontakozott ki a nyugati, polgári demokráciák és a keleti, szocialista, kommunista rendszerek között mind gazdaságilag, mind politikailag, ez pedig jelentősen kihatott a két rendszerhez nem tartozó, úgynevezett harmadik világ országaira. A gyarmatok hosszabb-rövidebb idő alatt felszabadultak, és bár politikailag független országokká váltak, mégis átalakuló gazdaságuk szorosan kötődött a volt gyarmattartó országokhoz. Politikájukban pedig a különböző helyi és térségi, sokszor törzsi ellentétek miatt jelentősen megnövekedett a vezető világpolitikai hatalmak, az Egyesült Államok, a Szovjetunió, és Kína befolyása. A volt gyarmati országok a világgazdaság gyors fejlődésével párhuzamosan egyre fontosabbá váltak a fejlett országok gazdasága számára, elsősorban jelentős nyersanyag- (kőolaj, kőszén, uránérc, arany, ezüst, színesfém ércek) készleteik miatt. A külső folyamatok által kikényszerített átalakulás felbomlasztotta a tradicionális gazdálkodást, a begyűrűző technológiai, agrárgazdasági változások jelentős munkaerő-fölösleget hoztak létre a vidéki térségekben, a városok pedig a gazdaságuk átalakulása és bővülő jövedelmi lehetőségeik miatt a vidéken felszabaduló népességnek egyre nagyobb vonzerőt jelentettek. Megindult a népesség városi térségbe induló vándorlása, ez volt a kezdete a harmadik világ urbanizációjának. Mivel földrajzi okok és a gyarmati folyamatok miatt a legtöbb korábbi város és központ a tengerpartokon jött létre ezeknek a térségeknek a népességnövekedése a vándorlások miatt is gyorsult. Ugyanakkor a változások következtében, bár azok igen sok társadalmi problémát és feszültséget okoztak, ezzel együtt erős infrastrukturális és jövedelmi különbséget hoztak, mégis a népcsoportok jelentős részének javult az életminősége az élelmezés és az egészségügy terén. A globális folyamatok hatásai nagyon gyors, robbanásszerű népességnövekedést eredményeztek. Az átlagos természetes szaporodási ráta 21 ezrelék volt hosszasan, tehát több, mint a duplája a demográfiai forradalom átlagértékének, de egyes országokban, bizonyos években a szélsőséges értékek az 50 ezreléket is elérhették, vagyis egy évben 5%-kal nőtt az adott ország népessége. Mivel a demográfiai robbanás a gazdaságilag fejletlen, a világgazdasági hatalmaknak kiszolgáltatott harmadik világban (közgazdasági meghatározásban a fejlődő országokban) zajlik, a világnépesség nagyobb hányadát érinti. Nem egyszerre indult meg a különböző térségekben és területileg is eltérő intenzitás jellemezte. Dél-Amerika országai után elsősorban Ázsia, majd Afrika következett. A folyamat lényeges vonása, hogy ezekben az országokban nincs egyensúlyban a népesség és a gazdaság növekedése, ez pedig kiterjedt és hosszan tartó válsághelyzetet hozott létre, nemcsak demográfiai, gazdasági, társadalmi, de környezeti vonatkozásokban is (2.3.3. ábra).





2.3.3. ábra. A világnépesség várható növekedése 2050-ig  
(Forrás: United Nations Population Division 2011)

Ettől eltérő irányú folyamat indult meg Kínában. Már a korábbi évszázadokban is jelentős számú népessége volt, amely a demográfiai forradalomkor is mutatott a világnépességi átlagnál magasabb növekedési ütemet, de még inkább így volt a demográfiai robbanás időszakában, bár soha nem ért el szélsőségesen magas értéket. Természetesen a magas népességszámon az alacsonyabb növekedési ütem is jelentős népességszám-növekedést hozott, így jutott az 1 milliárdos népességszám fölé. Társadalmi gazdasági folyamatai, ha lassan is, de beindítottak egy egyre gyorsuló, majd erőteljessé is váló gazdasági növekedést, amivel utolérték a népességnövekedést, majd ez utóbbit sikeresen leszorítva, egyensúlyt tudtak teremteni a kettő között. Ennek következtében, ha még nem is érte el a legfejlettebb gazdaságok minőségi mutatóit, erőforrásainak bősége, gazdasági teljesítménye és főleg gazdasági növekedése döntővé vált a világ gazdaságában (2.3.4. ábra).



2.3.4. ábra. A demográfiai robbanás által érintett területek

## 2.3.6. A népességnövekedés és a népességszerkezet változása

A 20. század végére a világnépesség demográfiailag és a fejlettséghez kötődő életlehetőségek alapján kétpólusúvá vált, amely a demográfiai szerkezet (csecsemőhalandóság, születéskor várható élettartam, kor és nem szerinti megoszlás, képzettség és foglalkoztatottság stb.) eltéréseiben is megmutatkozott. A világnépesség kisebb hányadát, a fejlett országok népességét a kismértékű népességnövekedés, illetve -fogyás mellett alapvetően alacsony csecsemőhalandóság, magas születéskor várható élettartam, alacsonyabb fiatal- és magasabb időskori arány, az időskorban jelentős nőtöbblet, valamint széles képzettség és foglalkoztatottság és ezzel együtt magas jövedelmi helyzet jellemezte. A harmadik világ népességét a robbanásszerű növekedés mellett magas csecsemőhalandóság, alacsony születéskor várható élettartam, magas gyerek- és fiatalkori arány, a képzettség alacsony foka és aránya és gyenge foglalkoztatottsági szint és igen alacsony jövedelem, szegénység jellemzi. Természetesen sok olyan közepesen fejlett ország van, amelyeknek értékei a kettő között találhatóak. A 2.2. táblázat egy fejlett és egy fejletlen ország néhány fontos demográfiai értékét hasonlítja össze.

mutatók	fejlett (Németország) 2010	fejletlen (Nigéria) 2010
természetes szaporodás	- 1 ezrelék	20 ezrelék
születéskor várható élettartam	79,4 év	47,2 év
csecsemőhalandóság	3,9 ezrelék	92 ezrelék
15 év alattiak aránya	13,7%	41,5%
65 év felettek aránya	20,3%	3,1%
írni, olvasni tudók aránya	99%	68%
agrárfoglalkoztatottak aránya	2,4%	70%
ipari foglalkoztatottak aránya	29,7%	10%

2.2. táblázat. Egy fejlett és fejletlen ország demográfiai mutatóinak összehasonlítása  
(Forrás: CIA World Factbook 2010)

## 2.4. A világnépesség területi eloszlása

## 2.4.1. A kontinensek szerinti megoszlás

A világnépesség területi megoszlása igen egyenlőtlen, mind a kontinensek, mind az országok vonatkozásában. A 2.3. táblázatban látható, hogy igen kiugró a legnagyobb területű kontinens, Ázsia népessége, amely ma már meghaladja a négy milliárd főt. Nagyjából hasonló nagyságú Afrika, Európa és az egész amerikai kontinens népessége, de az utóbbi évtized erőteljes népességnövekedése következtében már Afrika a második legnagyobb népességű kontinens.

Kontinensek	Népességszám (2010) millió fő
Ázsia	4166
Afrika	1033
Európa	732
Közép- és Dél-Amerika	588
Észak-Amerika	351
Ausztrália és Óceánia	35

2.3. táblázat. A világnépesség kontinensek szerinti megoszlása  
(Forrás: United Nations Population Division 2011)

#### 2.4.2. Az országok szerinti megoszlás

Ha az országokat nézzük, még nagyobb a különbség. Természetesen általában a nagyterületű országok népessége magas, mint pl. Kína, India, az Egyesült Államok esetében, de vannak köztük alacsony népességűek is, mint pl. Ausztrália, Kanada. Ugyanakkor kisebb területű országok is lehetnek nagy népességűek, ilyen ország Banglades. A 2.4. táblázatban látható, hogy két ország népességszáma igen jelentősen kiugrik a többi közül. Kína és India népessége már meghaladja az egy milliárd főt. A 100 millió fő feletti országok közül 7 ázsiai (Oroszország ázsiai területeit is tekintve), három amerikai, egy afrikai és egy európai (Oroszország népességének nagyobb hányada az európai részen él).

2010	Ország	Népesség millió fő
1.	Kína	1330
2.	India	1156
3.	USA	307
4.	Indonézia	240
5.	Brazília	199
6.	Pakisztán	181
7.	Banglades	153
8.	Nigéria	149
9.	Oroszország	140
10.	Japán	127
11.	Mexikó	111

2.4. táblázat. A világ 100 milliónál nagyobb népességű országai, 2010  
(Forrás: U. S. Census Bureau 2011)

2050-ig a Föld népessége a becslések szerint további 3 milliárddal nő, bár a világnépeség növekedési üteme évek óta csökken, de nem igaz ez Ázsiára, ma itt él a Föld össznépeségének több mint 60%-a és néhány ázsiai ország, mint Afganisztán és Pakisztán népessége jóval a globális átlag feletti ütemben növekszik. Kína népessége viszont ma már a globális átlag alatt nő, az előrejelzések szerint 2050-re India lesz Földünk legnépesebb országa.

### 2.4.3. A népsűrűség

A népesség területi megoszlásának statisztikai mutatója a népsűrűség, amelyet a terület nagyság és a hozzá tartozó népességszám viszonyításából számítanak ki, vagyis egy bizonyos területi kategória (kontinens, ország, település) népsűrűségét az ott élő népesség egészének és a teljes terület nagyságának a hányadosával fejezik ki. Ezt nyers/matematikai népsűrűségnek nevezik, mutatószáma a fő/km<sup>2</sup>. Emellett gyakran használják a fiziológiai (vagy tiszta) népsűrűség értékét, amikor a teljes népességszámot csak a hasznosítható /hasznosított területtel osztják vagy a táplálkozási (agrár-) népsűrűség mutatószámát, ilyenkor a teljes népességet csak a mezőgazdaságilag művelt területekkel osztják. A világnépeség szempontjából leginkább az országok népsűrűsége a legjellemzőbb. A legmagasabb népsűrűségű országok Banglades, Belgium és Hollandia, a legritkább népességűek Mongólia és Ausztrália.

### 2.4.4. A népesség egyenlőtlen területi megoszlásának okai

Az eddigiek alapján látható, hogy a népesség nem egyenletesen oszlik meg a szárazföldeken, vannak igen sűrűn lakott területek és jelentős nagyságúak a ritkán lakott, vagy lakatlan területek a Földön. Ennek a jelentős területi egyenlőtlenségnek két, de egymással összefüggő oka van, egyrészt a földrajzi adottságok eltérései, másrészt az adottságokhoz való gazdasági-társadalmi alkalmazkodás.

Természeti/földrajzi okok

1. **A szárazföldek eloszlása és kiterjedése, partvonal tagoltsága:** a kontinensek területének közel 80%-a az északi féltekén található, és ezzel összefüggésben a világnépeség 88%-a él az északi féltekén. Meghatározó a tengerpartok vonzó szerepe is: a partvonalától 500 km-es távolságon belül él a világnépeség döntő hányada, sőt a 200 km-es távolságon belül a világnépeség fele, közvetlenül a tengerpartokon pedig a negyede.
2. A függőleges tagozódás, **a tengerszint feletti magasság**, a domborzati különbségek is igen jelentős eltéréseket hoznak (2.5. táblázat):

tengerszint feletti magasság	a világnépeség aránya %
0–200 méter	56
200–500 méter	24
500–1000 méter	11,5
1000 méter felett	8,5

2.5. táblázat. A világnépeség megoszlása a tengerszint feletti magasságok szerint  
(Forrás: Tóth J. (szerk.) Világföldrajz alapján)

3. Ugyancsak jelentős befolyása van az **éghajlati különbségeknek** is. A kedvező hőmérsékleti és csapadék adottságú, nem szélsőséges klímátípusokon jelentős népességkoncentrációk jöttek létre, míg a szélsőségesen száraz vagy hideg klímátípusokon igen ritka a népesség. A megoszlást a 2.6. táblázat mutatja.

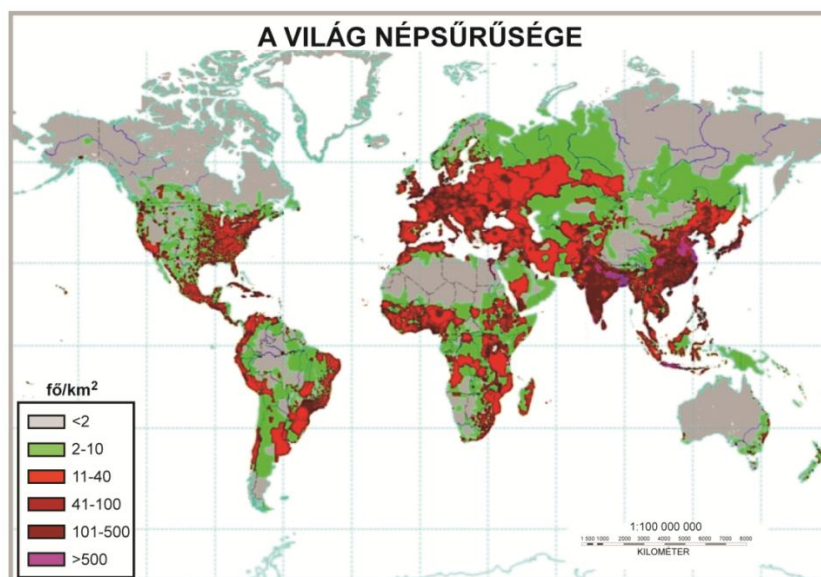
klímátípus	terület arány (%)	világnépesség aránya (%)
kedvező adottságú klímátípus	17	55
kevésbé kedvező adottságú klímátípus	45,5	38
kedvezőtlen adottságú klímátípus	37,5	7

2.6. táblázat. A világnépesség megoszlása klímátípus szerint  
Forrás: Tóth J. (szerk.) Világföldrajz alapján

.Társadalmi/gazdasági okok:

1. **Agrártermelés** – a kedvező természeti tényezőkre (csapadék, hőösszeg, domborzat, folyóvízhálózat, tengerpart) épülő intenzív, sokszor öntözéses, árasztásos szántóföldi gabonatermesztés (rizs, búza, kukorica) térségei: Gangesz, Indus, Keleti- és Nyugati-Ghátok, kínai nagy folyamvölgyek, európai folyamvölgyek, Nílus-völgy, délkelet-afrikai partvidék, brazíliai–argentínai atlanti partvidék, északnyugat-atlanti partvidék. (2.4.1. ábra)
2. **Ipari urbanizációs folyamatok:** A klasszikus (19–20. század közepe) ipari fejlődés időszakában kialakult népességkoncentrációs területek: Nyugat-Európa, Közép- és Kelet-Európa ipari zónái, az Egyesült Államok északkeleti partvidéke, az Appalache-hegység, a Nagy-tavak vidéke, Japán, ÉK-Kína, Korea (2.4.1. ábra).
3. **A demográfiai robbanás urbanizációja, a harmadik világ országai:** DK-Ázsia, Ny-és Közép-Afrika, Közép-Amerika, dél-atlanti térség (2.4.1. ábra).

A természeti adottságok alapján tehát a legsűrűbben lakott területek a tengerpartok, az alföldek és a folyóvölgyek. A legritkábban lakott területek a hideg sarkkörüli területek, a tundra és a tajga, a száraz és félszáraz területek, valamint a hegyvidékek nagyobb magasságú (1000 m feletti) zónái. A kedvező adottságú területeken pedig a gazdasági-társadalmi folyamatok tovább erősítették a népességkoncentrációt.



2.4.1. ábra. A világ népsűrűségi térképe  
(Forrás: U. S. Department of Agriculture)

## 2.5. A világnépeség területi koncentrációja – az urbanizáció folyamata

A növekvő népesség erősödő területi koncentrációjának következménye az urbanizáció és a környezetterhelés növekedése. Az urbanizáció a városok kialakulását és fejlődését jelentő folyamat, amikor a társadalom gazdasági szerveződése területileg koncentráltan jelenik meg. Az urbanizáció folyamata mennyiségileg városodást jelent, vagyis a városok számának és a városi lakosság számának növekedését, minőségileg pedig városiasodást, tehát a városi szerkezet, infrastruktúra és funkciók folyamatos megújulását.

### 2.5.1. Az urbanizáció története

Az urbanizáció története két eltérő korszakra osztható: a történeti és a modern kori urbanizációra. A történeti urbanizáció a korai társadalmi termelési formák koncentrációjához kapcsolódóan jött létre és jelentős mértékben kötődött a magaskultúrák államiságához.

A modern kori urbanizáció első időszaka 16. századtól az európai gyarmati rendszerek kialakulásához kapcsolódik és elsősorban a tengerparti, folyótorkolati kikötővárosok kiépülését, fejlődését jelentette. Európában a hajógyártás, a hajózás, a tengeri kereskedelem és a kereskedelmi tőke, majd a gyarmati áruk feldolgozása koncentráltan ezekben a városokban. A gyarmatokon pedig a tengerparti városok voltak a gyarmatok uralmának és irányításának központjai. Itt jöttek létre a kereskedelmi társaságok raktárai, irodái, hajótelepei, az állami hivatalok intézményei, a hadsereg erődjei stb., és sok közülük a kialakuló világkereskedelem meghatározó csomópontjává vált.

A 18. század végén meginduló ipari forradalom az ipari szektor kialakulásával nemcsak a gazdaság szerkezetét változtatta meg jelentősen, de erőteljesen kihatott annak területi átalakulására is. A mezőgazdaságból felszabaduló falusi munkaerő az ipari térségek felé áramlott, elsősorban a bányászat, a vas- és acélgyártás, a gépgyártás és a textilipar igényelt egyre növekvő számban munkaerőt. Az ipar megjelenésével a kedvező adottságú térségekben az ipartelepekhez, gyárakhoz kapcsolódóan kis- és középvárosi struktúrák jöttek létre, amelyek egy része magába olvasztotta a korábbi, történeti városokat is. A 19. századi gaz-

daság- és népességnövekedés a kedvező kereskedelmi és szállítási csomópontokon nagyvárosi fejlődést indított el, amely egyrészt a gyarmati kereskedelem, másrészt a kialakuló nemzetállamok, nemzetgazdaságok központjaiban a tudatos fejlesztés miatt volt a leggyorsabb. Ez a folyamat a századvégére elérte Európa más részeit is, majd Észak-Amerikát és Japánt is.

A 20. század közepén a volt gyarmatokon indult meg az erőteljes városnövekedés, ez többségében mennyiségi változást hozott, nem követte a gazdaság európai mértékű fejlődése, elsősorban a városok száma és főleg a volt gyarmati kikötővárosok népességszáma növekedett meg. A legtöbb országban elmaradt vagy csak kismértékű volt a városiasodás minőségi folyamata. Sem szerkezetileg, sem funkcionálisan nem fejlődtek kiegyensúlyozottan, kiépülésük nem tudta követni a hatalmas népességnövekedést, ennek következtében igen komoly infrastrukturális hiányosság jellemzi őket. Ettől az általános képtől eltérő folyamat jellemzi a malajziai, szingapúri, tajvani, de főleg a kínai városnövekedést. Ahol a robbanásszerű népességnövekedés jelentős mértékben a városokhoz kötődött.

### 2.5.2. A jelenkori urbanizáció összetevői

A jelenkori urbanizáció folyamata igen összetett és területileg is eltérő. A népességnövekedés ütemével és a gazdasági fejlettséggel összefüggésben négy folyamat és térség különíthető el:

- A **fejlett országok modern urbanizációja** Európa, Észak-Amerika, Japán, Korea, Tajvan, Szingapúr és Ausztrália területén, különbségekkel persze, de hosszabb ideje tart. Elsősorban az urbanizáció minőségi oldala jellemzi. Főleg Európában történeti indíttatású, itt nagy szerepe van a történeti városmagoknak. Egységes fejlettségű nagy- és kisvárosi terek jöttek létre, köztük jelentős ipari terekkel. Jellemzőek az összenőtt városok, a konurbációk, bennük és köztük sűrű és magas színvonalú közlekedési hálózatok találhatók. A közbezárt rurális (vidéki, falusi) terek is igen fejlett infrastruktúrával rendelkeznek. Ezek az urbanizációs terek világgazdasági összefüggésben is erős gazdasági koncentrációk. A nagy népesség, a fejlett infrastruktúra, az erőteljes gazdasági kiépítettség és teljesítmény miatt **nagymértékű az erőforrásigényük, ezért rájuk igen jelentős – de a fenntarthatóság kényszere miatt – többségében szabályozott környezeti terhelés jellemző.** A fejlett országok urbanizációs folyamata négy fő szakaszra osztható.
  - Az első szakaszt a **városrobbanás** időszakának nevezik, ekkor indult meg az erőteljes nagyvárosi fejlődés, a kedvező helyzetű és bővülő funkciójú városok területi kiterjedésének és népességének robbanásszerű növekedése. Kiépültek a jellegzetes nagyvárosi szerkezetek, a különböző helyzetű funkcióterekkel, olyanokkal, mint pl. a történeti városmag, a city, a belső és külső lakó- és munkahelyövezetek, zónák.
  - A második szakasz a **szuburbanizáció**, amikor az urbanizációs hatás a nagyvárosok környezetében is jelentkezik, a kisvárosok zónájából kialakul az **agglomeráció**, amelynek funkciói a nagyvárosok kötődnek. Megindul a nagyváros belső szerkezetének az átalakulása, elsősorban a szolgáltatási szektor munkahelyei bővülnek és jelentősen fejlődik az agglomerációt is magában foglaló közlekedési rendszer, a város közvetlen hatótere túlnyúlik a város közigazgatási határán.
  - A harmadik szakasz a **dezurbanizáció**, amelyben az ipari korszak után szerkezeti átalakulás indul meg, elsősorban a belső területeken és a munkahely-

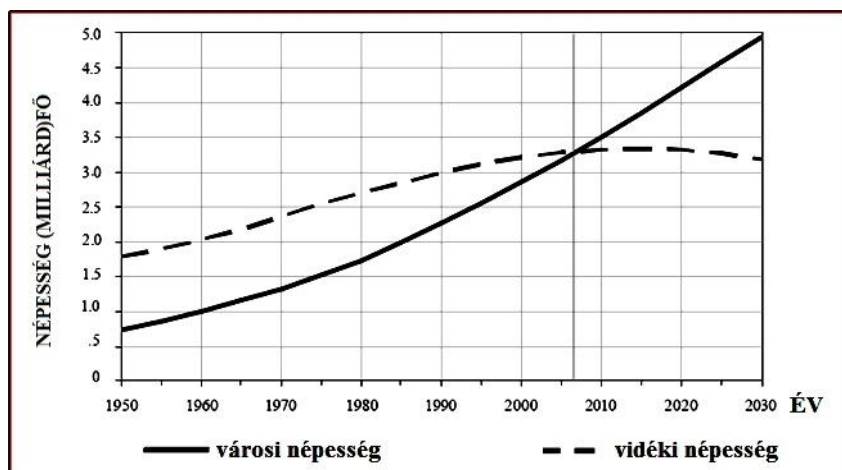
övezetekben, nagymértékben lecsökken az ipar szerepe. Megjelenik az egyes negyedek leromlása, a slumosodás, megindul egyrészt a tehetősebb rétegek kiköltözése a minőségi agglomerációs területekre, zöldövezetekbe, másrészt főleg az ipari munkahelyek leépülése miatt a jövedelem nélküli rétegek kiszorulása az olcsóbb fenntartású falusi agglomerációba. Mindez komoly szerkezeti és funkcionális válságot jelent a nagyvárosokban.

- A negyedik időszak a **reurbanizáció** időszaka, erre elsősorban a belső területek nagyon gyors infrastrukturális, építészeti és funkcionális megújulása jellemző. Alapvetően a pénzügyi, üzleti, kulturális, közigazgatási szféra funkciói és intézményei jelennek meg, amely vonzza a tehetősebb, fizetőképes, magasabban képzett népeiséget, megindul az agglomerációról a visszaköltözés az átalakuló minőségi belső lakónegyedekbe, ezért a belső területeken jelentősen megnőnek az ingatlanárak.
- **A közepesen fejlett országok** urbanizációs folyamatát az előbbi térséghez képest lassúbb fejlődés, sokszor hiányos szakaszok (különösen a negyedik szakasz hiánya, vagy gyenge érvényesülése) és jelentős fejlettségi különbségek jellemzik. Ilyenek Dél-Európa kevésbé fejlett térségei, Közép- és Kelet-Európa városi terei és részben Oroszország nagyvárosai. Ezekben a városi terekben **jelentős még az ipari korszak környezeti hatása és az urbanizációs leromlás környezeti problémája**.
- **A kínai városi terekben** a gazdaság robbanásszerűen gyorsuló növekedését követve igen komoly minőségi urbanizáció zajlik, elsősorban a megfelelő adottságú és támogatott gazdasági térségekben főleg keleten, míg máshol ettől eltérő, lassabb fejlődés a jellemző. A korábbi évtizedek szintén gyors mennyiségi növekedése a jelentős számú falusi népesség beáramlására és az ipar óriási méretű fejlesztésére épült. A többmillió városok száma jelentősen megnövekedett. Ma pedig ezek szerkezetileg és infrastrukturálisan is a fejlett országok vezető nagyvárosaihoz hasonló, modern városokká válnak, messze elhagyva a fejlődő világ, de még a közepesen fejlett országok városait is. Egy részük kitörő, gyorsan fejlődő „high-tech” város, ahol a kutatás-fejlesztés és a csúcipar telepedett meg. A városi terekben igen komoly közlekedési infrastruktúra kiépítése indult meg az elmúlt évtizedben, közúthálózat, metrók, a városok között gyorsvasutak, autópályák épültek. **A városi és városok közti terekben azonban a gyors fejlesztések és az erős terhelés miatt komoly és kezeletlen környezeti problémák jelennek meg.**
- **A fejletlen országok** területén szakaszok nélküli, részben a gyarmati kor történeti városaira épülő intenzív városrobbanás zajlik. Össznépességük több, mint a fejlett urbanizációs tereké. A kialakult nagyvárosok szerkezetét erőteljes belső fejlettségi differenciálódás jellemzi: a magja a fejlett, modern city, ezt köztes, minőségében vegyes városias zónák és ipari magok veszik körbe, a külső területein pedig óriási nyomornegyedek találhatók. Mindez sokszor nem szabályos elrendeződésben, hanem mozaikosan, egymás mellett (felhőkarcoló és nyomornegyed) jelennek meg. A nagyvárosok jelentős rurális terek között találhatóak, ma is népességgyűjtők, jelentős irányukba a népességmigráció. A nagy koncentráció és nagy népességszám következtében igen nagy a természetes népességnövekedésük is, amely komoly fenntartási, infrastrukturális és életminőségi problémákkal jár, sok helyen a lakosság 70 százaléka vezetékes infrastruktúra nélkül él. **Gazdasági fejletlenségük, túlnépese-dettségek, infrastruktúra hiányuk következtében ezekben a városokban egyoldalú és súlyos „környezet felemésztés” zajlik.**



### 2.5.3. Nagyvárosi terek – agglomerációk

A 19. század elején a Föld lakosságának csak három százaléka élt városban, ma már minden második ember. 2008 volt az az év, amikor a világnépességben belül a városlakók aránya meghaladta az 50 százalékot. Ez az arány 1970-ben még 36,8% volt, 1970 és 2000 között az emberiség városban élő részének száma több mint kétszeresére nőtt. 2030-ra a városlakók a teljes globális népesség több mint 60%-át fogják kitenni, Ugyanakkor a fejlett országokban ma már 80% feletti értékek is találhatóak (2.5.1. ábra).



2.5.1. ábra. A városi és a falusi népesség arányának változása a világnépességben  
(Forrás: [www.citypopulation.de](http://www.citypopulation.de))

A népességkoncentráció folytatódása, a fejlődő országok népességnövekedése, illetve a fejletlen területekről a fejlettebb területek felé irányuló migráció miatt egyre több a milliós, sőt a több tíz milliós összefüggő városi terek száma. Ezek az agglomerációs területek összenőtt nagyvárosi övezetek. Ilyenek találhatóak Európában, a Rajna mentén, Rotterdamtól Zürichig, Japánban Tokiótól Kitakyushuig, Az Egyesült Államokban Bostontól Washingtonig (2.5.2. ábra). De vannak önmaguk agglomerációs terével együtt is óriási népességű városok, ezeket megvárosoknak nevezik, bennük legalább tízmillió ember él és legkevesebb kétezer lakos jut egy négyzetkilométerre. Ma 20 ilyen van a világon (2.7. táblázat).



2.5.2. ábra. Nagyvárosi terek a világon  
(Forrás: [www.citypopulation.de](http://www.citypopulation.de))

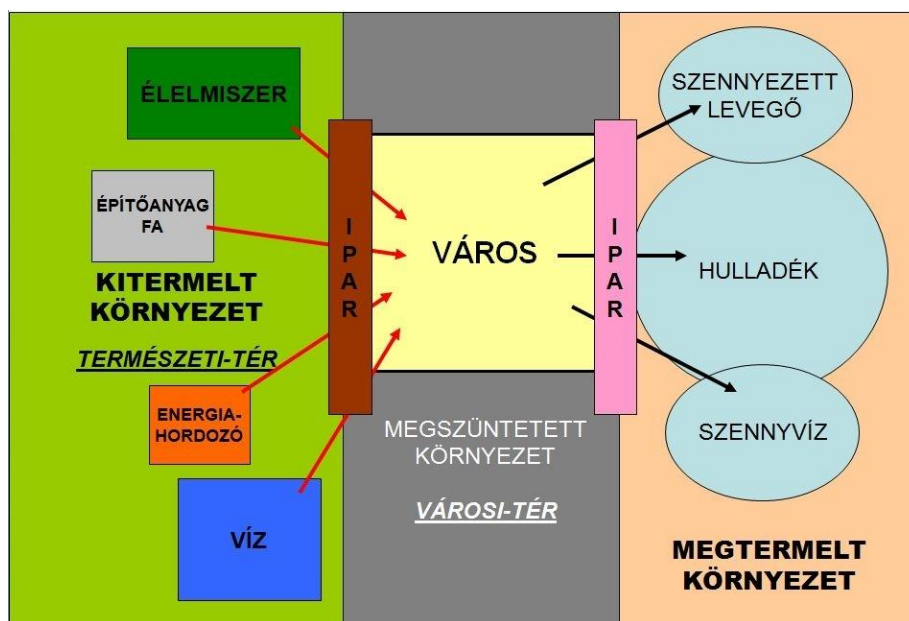
Az ENSZ prognózisa szerint 2015-re már 22 lesz a megavárosok száma. Ugyanakkor ezek között nem lesz egyetlen európai sem, és többségben lesznek a fejletlen térségek városai. A megavárosok többségének lakói tehát nem igazán minőségi városi környezetben élnek. Ma csaknem egymilliárd ember, városi lakosként, hulladékokból összetákoltt bádogviskókban lakik. Ebből adódóan a világszerte jelentkező egészségügyi problémák a megavárosokat hatványozottan terhelik, alapvető gond a fertőző betegségek terjedése, különösen azokon a helyeken, ahol hiányoznak a megfelelő higiénés feltételek, ehhez társul még a légszennyezettség növekedése miatt szaporodó egészségügyi problémák sora.

2010			
megaváros	ország	városai	agglomerációs népegszám millió fő
1. Tokió	Japán	Tokió, Yokohama, Kawasaki, Saitama	34,2
2. Kanton (Guangzhou)	Kína	Kanton, Dongguan, Foshan, Jiangmen, Zhonghan	24,9
3. Szöul	Dél-Korea	Szöul, Bucheon, Incheon, Seongnan, Suweon	24,5
4. Új-Delhi	India	Faridabad, Ghaziabad	23,9
5. Mumbai	India	Bhiwandi, Kalyan, Thane, Ulhasnagar	23,3

2.7. táblázat. Megavárosok a világon  
(Forrás: [www.citypopulation.de](http://www.citypopulation.de))

#### 2.5.4. Az urbanizációs környezetterhelés

Az urbanizációs tér nem csak nagyszámú népesség területi koncentrációja, hanem a legerőteljesebb mértékű környezetátalakítás színtere, ahol igen jelentős mértékű környezetterhelés jelenik meg naponta. Kieépítésénél és fejlesztésénél hatalmas mennyiségű, a környezetből kivont és feldolgozott építőanyagot használnak fel, de a mai modern városoknál ezek egy része már nem is a közvetlen környezetből származik. Az így kialakított épített tér jelentősen befolyásolja és átalakítja a megmaradó természetes rendszereket, legfőképpen a vízáramlást, a mikroklimát és a növényzetet. Ezek kezelése, védelme is jelentős energiát emészt fel. A rendszer mindennapi működtetése komoly mértékben von el erőforrásokat a közeli és távoli környezetből. A népesség ellátása hatalmas méretű fogyasztást jelent a különböző termékcsoportokban, a kommunális rendszerek pedig jelentős víz- és energiaigényűek. Ezek mellett pedig ugyancsak terhelésnövelő a termelőszféra hely-, eszköz-, víz- és energiafelhasználása. A rendszer működése közben nemcsak óriási mennyiségű és kezelést igénylő hulladék képződik, de igen komoly szennyezőanyag-mennyiség jut a levegőbe, a vízbe és a talajba, ezek kezelése pedig további energiát igényel. Ma a városi terek működésének és további fejlődésének – a gazdasági, társadalmi, szociális és urbanisztikai problémák megoldása mellett – a kulcsa a környezeti gondok megfelelő kezelése. Elsősorban az energia, a víz, a hulladék és a szennyezés problémáinak a megoldása a legsürgősebb (2.5.3. ábra).



2.5.3. ábra Az urbanizációs környezetterhelés modellje

### 2.5.5. A gyors népességnövekedés és a kiteljesedő urbanizáció következményei

A globalizáció népesedési és urbanizációs folyamatainak következményei összességében három egymásra ható területen jelennek meg:

#### 1. Demográfiai következmények

- a demográfiai folyamat differenciálódása
  - gyorsan növekvő népesség (fejletlen országok)
  - lassan növekvő népesség
  - csökkenő népesség (fejlett országok)
- poláris szerkezeti torzulás a korosztályok arányában
  - fejlett országok időskorú népessége – közepes népességszámon
  - fejletlen országok fiatal népessége – óriási népességszámon
- a népsűrűség további növekedése a lakható térségekben.

#### 2. Gazdasági-társadalmi következmények

- a termőterület iránti igény növekedése
- az energiaigény növekedése
- növekvő teljesítőképességi különbség a közepes népességű, gazdaságilag fejlett, magas életminőségű, lassan növekvő országok és a gyorsan növekvő, fejletlen, szegény, egyre nagyobb népességű országok között
- egyre növekvő migrációs kényszer a fejlett területek felé
- erősödő finanszírozási kényszer a gyorsan növekvő népesség fiatal, aktív korosztályának foglalkoztatására.

#### 3. Környezeti következmények

- a természeti erőforrások: termőföld, víz, ásványi energiahordozók, nyersanyagok egy főre eső aránya csökken
- a környezet állapotának gyors romlása
- a Föld eltartóképességének csökkenése.

Az emberiségnek ezen a három területen eddig nem ismert nehézségekkel kell megküzdenie, hogy fenntarthassa fejlődésének lehetőségét: egyrészt ki kellene egyensúlyozni a népességnövekedést, másrészt biztosítani a nagyszámú és területileg erősen koncentrált népesség eltarthatóságát, harmadrészt pedig mindezt a környezet állapotának elfogadható szinten való megőrzésével kellene megvalósítani. Ez utóbbinak a kulcsa elsősorban a gazdasági folyamatok milyenségében van.

## 2.6. A globális gazdaság

### 2.6.1. A globális gazdaság összetevői

A globális gazdaság mai szerveződése kettős, egyrészt a 18. század végétől kialakuló nemzetgazdaságok szintjét jelenti, másrészt a [nemzetgazdaságok](#) feletti valódi globalizációs szintet, amelyben már nemcsak az erős nemzetgazdaságok szerepe a döntő, hanem az általuk kialakított nemzetközi struktúra, vállalatok, szervezetek és integrációk. Egyszerű formában az alábbi összetevők szerint csoportosíthatjuk a globális gazdaság felépítését:

#### 1. A nemzetgazdaságok/államok

- adottságai – méret, népességszám, erőforrások, történet
- adottságok eltérése
- teljesítőképesség – fejlettségi állapot eltérése

#### 2. A nemzetgazdaságok hierarchiája

- erőviszony szerint
- érdekcsoport szerint

#### 3. A nemzetgazdaságok kapcsolatrendszerei

- gazdasági, kereskedelmi, pénzügyi
- politikai
- katonai
- etnikai
- kulturális

#### 4. A nemzetközi kapcsolatrendszer intézményei

- politikai szövetségek
- [integrációk](#)
- nemzetközi szervezetek

#### 5. A globális gazdaság önálló szervezetei

- multinacionális vállalatok
- [transznacionális vállalatok](#)

### 2.6.2. A globális gazdaság szektorális tagolódása

A 18. századtól kialakuló modern gazdasági rendszer egyik legfontosabb jellemzője a szektorális tagolódás. A közgazdászok termelő és nem termelő szektorokra osztották fel a gazdaságot, és a 20. század elejéig a két termelő (agrár- és ipari) szektort tartották meghatározónak, ma viszont már négy gazdasági szektorról beszélnek (amelyeken belül különböző ágazatokat különítenek el):

- *primér* (első) szektor – mezőgazdaság, agrártermelés (növénytermesztés, állattartás, erdőgazdálkodás)
- *szekunder* (második) szektor – ipari termelés (bányászat, alapanyaggyártás, energiatermelés, feldolgozóipar)

- *tercier* (harmadik) szektor – szolgáltatások (oktatás, kultúra, egészségügy, közigazgatás, közlekedés, kommunális ellátórendszerek stb.)
- *quaterner/quartener* (negyedik) szektor – állami irányítósint, felső gazdaságirányító szint, nemzetközi szervezeti szint, felsőfokú oktatás, kutatás-fejlesztés stb.

Ugyanakkor a mai közgazdászok jelentős része már nem értelmezi mereven a szektor-és ágazati tagolódást, mivel a globalizáció kiteljesedése következtében nagyon sok az átfedés. A statisztikában azonban ma is elkülönítik a különböző szektorokat és ágazatokat. A globális gazdaságban ma fejlettség, gazdasági hatás, jövedelemrealizáció szempontjából a negyedik és a harmadik szektor a meghatározó, mivel gazdasági folyamataik révén befolyásolják és működtetik a két termelő szektor ágazatait. Így a fejlett országokban ezek a szektorok a meghatározók a teljesítményben, míg a fejletlen országok esetében a negyedik szektor nincs is jelen, a harmadik pedig, bár sokszor a foglalkoztatásban meghatározó, hatékonyságában és struktúrájában alacsony szintű. Mindez nem zárja ki az agrár- és főleg az ipari szektor fontosságát, ezek elsősorban technológiai fejlettségükben és termelési volumenükben fontosak, de a fejlett országok esetében a gazdasági teljesítményből, pl. **GDP**-ből csak kisebb hányaddal részesednek, viszont környezeti hatásaik sokkal erőteljesebbek.

### 2.6.3. A sokarcú agrártermelés globalizációs jellemzői

A mezőgazdasági termelés a legősibb társadalmiasult termelési formája az emberiségnek. A korábbi fejezetrészekből látható, hogy a Föld egyes térségeiben folyamatosan több ezer év óta folyik a növények termelése és az állatok tenyésztése, persze a múltban is igen erőteljes különbség volt a különböző térségek agrártermelésének intenzitása között. Ennek nyilván jelentős kihatása van a környezet állapotára az adott térségben. A kedvező adottságú, jelentősebb népességű térségek kultúrái a hosszan tartó, folyamatos gazdálkodással szinte teljesen átfórták környezetüket. ***A ma emberében kevésbé tudatosul, hogy a Föld történetében eddig a legnagyobb és sokszor visszafordíthatatlan, ember által okozott változásokat a sok ezer éves agrártermelés okozta:*** erdők kiirtása, talajerózió, vízháztartás felborulása stb. Voltak olyan térségek, ahol a környezet kimerülése és a klímaingadozások következtében megjelenő szárazság következtében jelentős, korábban használt mezőgazdasági területet veszített el az emberiség.

Ma fejlettség, technológia, termelékenység, foglalkoztatottság, ágazati tagolódás stb. szempontjából igen sokrétű és összetett a globális agrárgazdaság. Globális, mivel egyre kisebb annak a népességnek az aránya, akik saját vagy közvetlen környezetük számára termelnek. Jóval nagyobb hányadú, bár különböző fejlettségi szintű az urbanizációs népesség, illetve a világpiac számára termelő gazdaság. Egy egyszerű monokulturális ázsiai kisgazdaság terményei is gyakran sok ezer kilométer távolságban, Európában, Japánban vagy az Egyesült Államokban kerülnek piacra. Ez azt jelenti, hogy ***megsokszorozódik a környezet terhelése, messze a helyi szükségletek felett használják a környezetet, amihez hozzáadódik a szállítás energiaszükségletéből adódó további környezetterhelés.***

A globális agrárgazdaság fejlettebb részét az ipari technológia használata, gépesített eszközhasználat, erőteljes kemizáció (műtrágyázás, növényvédelem) jellemzi. Sok helyen szerves része a gazdálkodásnak a géntechnológia (amely pont két meghatározó agrártermelő országban, Kínában és az Egyesült Államokban a leginkább felhasznált) és az állattartásban a hormonok és az antibiotikumok használata. Ezek mindegyike a termelékenység növelését, a tartósíthatóságot, a szállítást, az élelmiszer-ipari feldolgozást, de sokszor a

vonzó megjelenést szolgálja (pl. a leszüretelt gyümölcsök kezelése). Nem kell részletezni, hogy mindennek milyen komoly környezeti kihatásai vannak. **Mára az agrártermelés nagymértékben összefonódott az ipari termeléssel, nemcsak az ipari eszköz- és vegyszerhasználat jelentős,** de ma az ipar számára komoly mennyiségű nyersanyagot termel a mezőgazdaság (élelmiszeripar, textilipar, vegyipar, papíripar stb.), ezért annak igényeitől egyre inkább függővé válik. **Ma az emberiség nagy részéhez, főleg az urbanizációs népességhez az élelmiszerek az ipar által feldolgozott formában jutnak el.** Az élelmiszeriparral egyre több hozzáadott vegyi anyag épül be az élelmiszerekbe és egyre több gyártási energia használódik fel az élelmiszerek fogyasztásáig, ezekhez társul még a jelentős csomagolóanyag-felhasználás, valamint a tárolás és a szállítás energiaigénye. Mindez önmagában többszörös környezeti teher, mintha természetes vagy kevésbé feldolgozott formában jutnának el az élelmiszerek a városi emberekhez. Sajátos következménye a jelentős mennyiségű hulladékképződés, pl. egyes források szerint London majd 10 milliós népessége 7 millió tonna ételt fogyaszt el évente, és 26 millió tonna hulladékot termel.

Komoly gond, hogy egyensúlytalanság alakult ki a termelés és a fogyasztás viszonyában a fejlett és a fejletlen országok között. A fejlett országok magas technológiai, termelékenységi szint és árak mellett jelentős élelmiszer-túlermelést folytatnak. Mezőgazdaságuk komoly állami támogatásban részesül, amit a társadalom nagyobb részének a fizetőképessége, illetve más szektorok jövedelmezősége tesz lehetővé. Ezzel szemben a fejletlen országok nagy részében az urbanizációs népesség kikerült az élelmiszer-termelésből, fogyasztóvá vált, nagyon alacsony fizetőképességgel. Az agrárterületeket pedig alacsony technológiai szint és alacsony termelékenység jellemzi, sőt nemzetgazdasági érdekből a termőterületek nagy részén a világpiac részére folyik monokulturális termelés (kávé, kakaó, tea, olajpálma, banán stb.). Az állam szegény és nem tudja támogatni az élelmiszer-termelést, így az erős népességnövekedés, esetleges természeti csapások, szárazság, áradások következtében gyakran alakul ki élelmiszerhiány és ennek hatására a nagyon alacsony jövedelmű rétegekben az éhínség is gyakori.

Ma a környezet szempontjából veszélyes agrárfolyamatok közül a legsúlyosabb hatású az esőerdő területeken zajló erdőirtás, amely Brazíliában, Afrika esőerdeiben és Indonéziában a legnagyobb mértékű, a folyamat nemcsak a természetes növényzet pusztulását eredményezi, de igen erős hatással van a klímaváltozásra is. Szintén komoly gond a talaj- és rétegvíz-tartalékok gyors elhasználása, amely ma Indiában okozza a legtöbb problémát. A fejlett országok területén pedig az erőteljes kemizáció méreganyagának felhalmozódása és a talaj minőségének romlása okoz gondokat.

#### 2.6.4. A globális gazdaság fenntartó rendszere az ipari termelés

Az utóbbi kétszáz év gazdasági-társadalmi változásainak, „fejlődésének”, életmódváltozásának legfontosabb alakítója az ipari termelés technológiai átalakulása, a gyáripar kialakulása volt. Az ipari termékek a mai ember számára nélkülözhetetlenek, ma szinte nincsen olyan emberi életmód, ahol ne jelenne meg valamilyen formában. Bár az ipar, az eszközkészítés már a korai kultúrákban is jelen volt, de főszerepet csak a 18. századtól kapott. Nagyon egyszerű megfogalmazásban **az ipar a természet feldolgozása**, így nincsen olyan eleme, folyamata, amelynek ne lenne komoly környezeti kihatása, ezek pedig ma már nagyrészt az urbanizációs terekben, sőt egyre inkább globális szinten jelennek meg. Közvetlen ipari környezetterhelés és károsítás történik az alábbi ipari folyamatokhoz kötődően:

- Nyersanyag- és energiahordozó-kitermelés és -szállítás – *globális hatás (eltérő földrajzi terekben történik a kitermelés és a felhasználás)*
- energiatermelés és -szállítás – *globális hatás*
- ágazati termelések – *erős lokális hatás*
- termékszállítás – *globális hatás.*

#### 2.6.5. Az ipari termelés története

- I. **Az ipar előtti korszak:** A tradicionális jellegű és kiegészítő szerepű ipar a magaskultúrák központjaiban, városaiban ért el nagyobb koncentrációt. Egyes kultúrákhoz akkori mértékben komoly iparvidékek tartoztak, ilyen volt az ókorban az attikai ezüsbányászat és -feldolgozás vagy Itáliában az etrúriai vashányászat és feldolgozás. Jelentős városi ipari struktúrák jöttek létre a középkori Európában a céhes ipar megszerveződésével. Azonban a 18. századig az ipari tevékenységnek két megjelenési formája volt, egyrészt az agrártermeléstől nem független egyszerűbb, mindennapi eszközöket előállító **háziipar**, illetve a magasabb szerveződésű, a munkamegosztásban különváló **kézműipar**. Ez utóbbi már különböző ágazatokra tagolódott, komolyabb technológiát alkalmazott, specializálódott, komoly képzettséget igényelt, nagyobb mennyiségben és piacra termelt, ezért általában a városokhoz kötődött. Fontos ágazatai voltak: a fém-, a kerámia-, a textil-, a fa- és az élelmiszeripar, egyes térségekben és korszakokban a hajógyártás is komoly ipari

tevékenység volt. Ezeknek az ipari tevékenységeknek a környezeti hatásai alapvetően lokálisak voltak, kivéve a koncentráltabb fémipar és hajógyártás jelentős fa-igényét kielégítő erdőirtások következményét.

- II. **Az ipari korszak:** A modern gazdaságot vezérlő ipar Európában, a 19. század elejétől jött létre, a növekvő igények kielégítésére és a kiteljesedő globalizációs folyamatok hatására. Elsősorban a gyáripar kialakulása volt a meghatározó, alapvetően az öngerjesztő, folyamatosan bővülő szabványosított tömegtermelés tudta kielégíteni a növekvő igényeket. Megindult az ipari termelési folyamat különböző fázisainak – (kitermelő–alapanyaggyártó–feldolgozó) és termékcsoportjainak megfelelő ágazatok kialakulása. A 18. század végétől és a 19. század elejétől a 20. század utolsó harmadáig tartó időszakot ipari forradalomnak vagy más megközelítésben ipari forradalmaknak is nevezik. Ezek egymásra épülő, a nagyipari termelést területileg kiterjesztő, globalizáló és technológiailag folyamatosan fejlődő fázisokat jelentenek:

1. **A technológia és a termelés forradalma.** A 19. század elején jöttek létre az első új ipari technológiák, gépi rendszerek, legforradalmibb és óriási környezeti hatású ezek között a gőzgép és annak elterjedése volt. Mennyiségi és minőségi ugrás történt, az ipari folyamatokban, megjelentek a tömegtermékek és jelentősen növekedni kezdett az ipari foglalkoztatás.
2. **A terjeszkedés forradalma.** A 19. század végén a gőzmeghajtás (vasút, gőzhajózás) technológiájának felhasználásával komoly szállítási infrastruktúra épült ki, nőtték a nyersanyagigények, ezért az ipar jelentős területi terjeszkedése indult meg. A már iparosodott területeken a további fejlődés, megújulás és a technológiai differenciálódás következtében ipari körzetek jöttek létre. A gazdasági hatások gyors terjedésével pedig újabb és újabb területeken jelent meg az ipari struktúra.

- 3. A fogyasztás forradalma.** A 20. század elején az ipar bővülése, ágazati és technológiai differenciálódása következtében megnőtt az ipar belső fogyasztása az ipari termékekre. Az erőteljes fegyverkezések és urbanizáció kielégítésére húzóágazatok alakultak ki, elsősorban az acél- és gépgyártás, majd a század közepén a vegyipar. Az ezekhez kapcsolódó technológiai, innovációs lehetőségek egyre több ipari terméket kínáltak a lakosságnak (építkezés, közlekedés, kommunikáció, kommunális ellátás, háztartási eszközök stb.). A gazdasági növekedést erősítő állami gazdaságpolitika – a gazdasági válságok ellenére – ezekhez jelentős támogatást nyújtott, ugyanakkor a magas foglalkoztatási szint a lakosságnak a fogyasztásra megfelelő jövedelmet biztosított. Ennek következtében a II. világháborút követő időszakban a fejlett országokban létrejöttek az ipari termékektől függő ipari társadalmak

#### 2.6.6. Az ipar utáni korszak: az innováció forradalma

A 20. század végétől a gazdaság globalizációja, a nemzetközi tőkeáramlások és a pénzügyi rendszerek finanszírozási potenciálja, valamint a tovább gyorsuló technikai fejlődés erős innovációs kényszert hozott létre. Előtérbe került a folyamatos megújítás, a termelés tervezését megelőzte az innovációra épülő piac tervezése. A teljesítő- és megújulási képesség, valamint a hatékonyság alapján a globális gazdaság differenciálódott. Kialakultak a világ-gazdasági folyamatokat irányító és szabályozó akciócentrum-térségek. Ezek a legfejlettebb nemzetgazdaságok központi térségei: **az európai akciócentrum** (Németország, Egyesült Királyság, Franciaország, Olaszország, Benelux-államok, Svájc, Svédország, Norvégia, Olaszország fejlett térségei), **az észak-amerikai akciócentrum** (Egyesült Államok és Kanada vezető gazdasági területei), **a kelet-ázsiai akciócentrum** (Japán, Dél-Korea, Tajvan és ma már Kína különleges gazdasági övezetei). A vállalati szerveződésekben megjelentek a nemzetgazdaságtól független transznacionális vállalatok, amelyek központjai, kevés kivételtől eltekintve, az akciócentrumokhoz kötődnek, gazdasági tevékenységük pedig szektorokat fog egybe a nyersanyag-kitermeléstől az alapanyaggyártáson, feldolgozáson, kereskedelmen keresztül a pénzügyi rendszerekig. Voltak, amelyek ipari multinacionalista vállalatokból nőttek ki, de gyakoribb a nagy pénzügyi cégek ilyen irányú fejlődése. Ebből adódóan – bár az ipar legalább annyira nélkülözhetetlen, mint az előző korszakban – a globális gazdaság működtetése már túllép az ipari szerveződésen és a globális gazdaság vezérlése átkerült a pénzügyi rendszerekhez. Ezért is nevezik ezt a korszakot **posztindusztriális** (ipar utáni) korszaknak. Jelentős különbség alakult ki a globális gazdaságban az innováció szerepe kapcsán: Az akciócentrumok az innovációteremtés és fejlesztés térségei, ők diktálják és „kényszerítik” ki az új igényeket a gazdaságban és a fogyasztói társadalomban. A közepesen fejlett ipari térségek, országok mint az akciócentrumok belső perifériái, nem fejlesztők, diktálók, hanem az innováció befogadói, használói, gyártási területei. A fejletlen térségek és országok gazdaságának és társadalmának jelentős része alkalmatlan az innovációk többségének gyártására és használatára.

A **kutatás és fejlesztés (a K+F) meghatározóvá, szinte önálló szektorrá vált** és a hozzá kötődő ipari termelést gyakran hight-tech, illetve csúcsiparnak nevezik. Ennek sajátos kis- és középvállalati struktúrája alakult ki, amely jól illeszkedik a transznacionális vállalatok leányvállalati struktúráihoz. A mai ipari folyamatokban többszintű globális ipari struktúra figyelhető meg, amelyben az ipar „összeolvad” a gazdaság egyéb ágazataival:

Az első két szint a termelő folyamatok szintje



- első ipari szint – a megújuló és a nem megújuló források kitermelése és közvetlen feldolgozása
  - agráripár – élelmiszeripár
  - halászat – halfeldolgozás
  - fakitermelés – fafeldolgozás
  - bányászat
  - energiatermelés
- második ipari szint – a „valódi” ipari termelés
  - klasszikus alapanyag-termelő és feldolgozó gyáripár
  - csúcsipár

A következő három szint a szolgáltatásokkal összefonódó ipar

- harmadik ipari szint – „szolgáltató-, szállítóipar”
- negyedik ipari szint – „szervező-irányító ipar”
- ötödik ipari szint – „turizmusipar”

Egyre erőteljesebb törekvés a vezető gazdaságok és transznacionális vállalatok részéről a stratégiai erőforrások és ágazatok birtoklása. Az előbbi a szénhidrogének, kőszén, urán-érc, színes- és nemesfémek, ritkafémek kitermelését jelenti. Míg az utóbbi az energiatermelés, acélgyártás, vegyipar, gyógyszeripar, valamint a vezető technológiájú termékek (biotechnológiai eszközök és rendszerek, elektronika, mikroelektronika, számítástechnika, kommunikációs technika, közlekedési eszközök stb.), gyártását foglalja magában.

#### 2.6.7. Az ipari folyamatok környezeti következményei

Természetesen a mai népességszám ellátására és a valóban sok jót is hozó fejlettség ésszerű fenntartásához szükség van az ipari termelésre, de ebben a szövevényes, globális, vállalati szerveződési hálóban és érderendszerben elsikkadnak az egyre komolyabb környezeti problémák. A nyersanyagok kitermelése a fejlett térségektől távol történik, az urán-, az érc- és a kőszénbányászat, de legtöbb helyen a szénhidrogén-kitermelés komoly környezeti károkkal jár, a globális szállítási rendszerek rengeteg energiát emésztnek fel. Az ipari termelés jelentős része, főleg az energiatermelés, a vegyipar, a kohászat, komoly környezetterheléssel, környezetkárosítással és sokszor hatalmas mennyiségű veszélyes hulladék „termelésével” társul. Mindez nemcsak a közvetlen környezet, a levegő, a víz és a talaj szennyezésével jár, de közvetett hatásai, a légkörben lévő szén-dioxid- és szennyezőanyag-felhalmozódás, a savas esők, a súlyosan szennyezett élettelen vizek, a pusztuló növényzet, úszó hulladéksziget az óceánon stb. ma már a Föld számos pontján megfigyelhetők. Ha ehhez hozzászámítjuk az agrártermelés okozta károsodásokat és az urbanizációs terek környezeti állapotát, akkor elmondhatjuk, hogy a mai gazdasági rendszer és az ettől függő életmódunk már kedvezőtlen változásokat indított el a Föld természetes rendszerében, amelyek talán még nem veszélyeztetik ezt a természetes rendszert, de az ember lehetőségeit, optimális életterét viszont egyre jobban csökkentik.

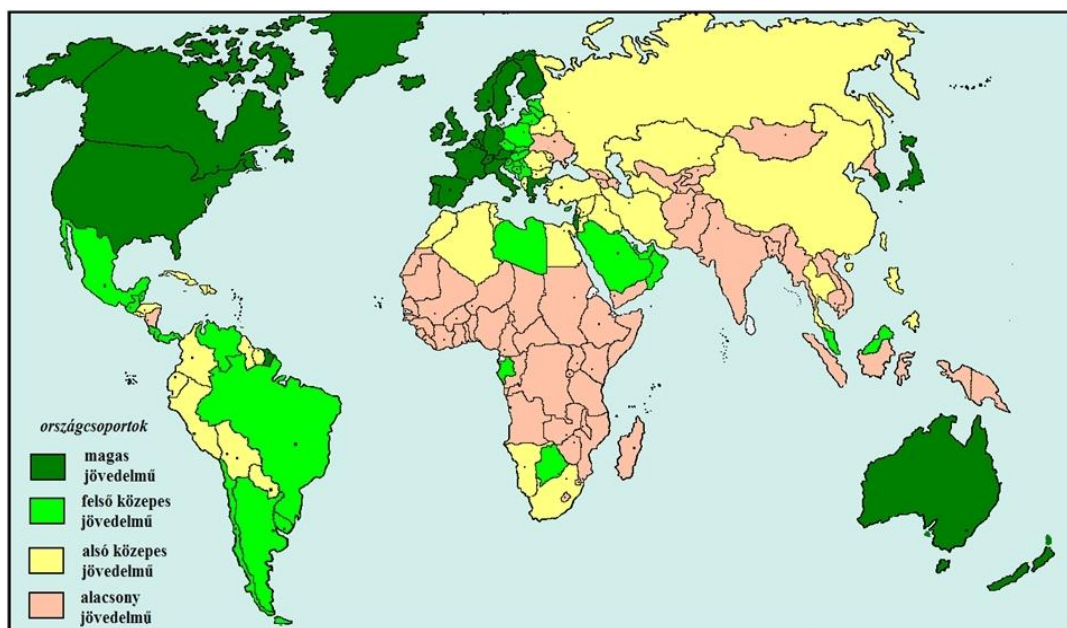
#### 2.7. A globalizáció társadalmi következményei és környezeti hatásai

A robbanásszerűen növekvő népesség és az urbanizációs terek túlnépesedését ellátni képes globális gazdaság igényei egyre nagyobb mértékűek. Jelentősen **nő az igény a környezeti erőforrásokra**, a feldolgozott élelmiszerekre, a vízre és legfőképpen a minden területen nélkülözhetetlen energiára. Az ezzel együtt járó **növekvő technológiai igény** erőteljesebb „környezetfogyasztás”-ban nyilvánul meg. Ennek **eredménye a környezeti egyensúly felbomlása**. Ma a **társadalom totális ipari függése jellemző** (élelmiszer, energia, kom-

munális ellátás, kommunikáció, migráció). A folyamatok szélsőségesen megosztották a globális társadalmat jövedelem és fogyasztás alapján, ennek következtében **eltérő az erőforrásokhoz való hozzáférés**. A fejlett térségek teljes rendelkezéssel bírnak a globális rendszerben, míg a fejletlen térségek, ebből adódóan, nemcsak el vannak zárva ettől globálisan, de teljesen kiszolgáltatottak a saját lokális tereikben. Végeredményben **eltérő a folyamatok „haszonélvezete” is**. A **nyertesek** a folyamatok irányítói, a világnépesség 15%-a, ezek főként a transznacionális vállalatok, valamint 15-20 fejlett nemzetgazdaság elitje és középosztálya. A globális folyamatok **teherviselői** pedig a világnépesség 25%-át adó, közepesen fejlett országok munkavállalói. A tényleges veszteségek pedig a világnépesség 60%-át adó, fejletlen és szegény országok népessége (2.8. táblázat) (2.7.1. ábra).

EGY FŐRE ESŐ JÖVEDELEM DOLLÁRBAN	ARÁNY A VILÁG-NÉPESSÉGBŐL %		ARÁNY A VILÁG TELJES GDP-JÉBŐL %	
Alacsony jövedelmű országok, 800 dollár alatt	40		3,4	
Közepes jövedelmű, alacsonyabb fejlettségű Országok, 800 és 3000 dollár között	39	45	10,5	15,8
Közepes jövedelmű, magasabb fejlettségű országok, 3000 és 10000 dollár között	6		5,3	
Magas jövedelmű országok	15		80,8	

2.8. táblázat. A Föld országainak egy főre eső jövedelemszint szerinti csoportosítása és a csoportok százalékos részesedése a világ népességéből és a világ teljes GDP-jéből (Forrás: United Nations Population Division 2009 alapján)



2.7.1. ábra. A Föld országainak megoszlása az egy főre eső jövedelemszint szerint

A politikai/állami tagolódást felülíró globális gazdasági folyamatokban sajnos ma sokszor tetten érhető a gazdasági növekedés szükségszerűségével indokolt politikai, társadalmi és **környezeti korlátok** nélküli érdekérvényesítés. Ezért létfontosságú megtalálni azokat a célokat, eszközöket, módokat, eljárásokat, amelyekkel lassítható, esetleg megállítható a környezet további átgondolatlan kizsákmányolása, és kidolgozni az állapotjavítás technológiáit. De belátható, hogy az állapotromlást okozó gazdasági, társadalmi és politikai folyamatokra való visszahatás és azok jobbító, ésszerű változtatása nélkül a környezet védelme kevés eredményt hozhat. Ezt mutatja, hogy bár a fejlett országokban léteznek környezetvédelmi törvények, hivatalok, bíróságok, léteznek nemzetközi egyezmények, de ezek sokszor csak követni tudják a problémákat és az eredmények még messze vannak. A fejlett országokban ugyan a technológiailag kivédett és kezelt környezeti károk kapcsán erős, állami és sokszor civil indíttatású lokális környezetvédelemről beszélhetünk, de ezzel együtt gyakori cél a „szükséges” károk jelentős részének a fejletlen térségekre szorítása, amely országok eszközök és források hiányában, sőt a sokszor ütköző ellentétes társadalmi érdekek következtében kezeletlenül hagyják a környezet állapotának gyors romlását (2.7.2. ábra).



2.7.2. ábra. A mai környezet mozaikja

## 2.8. Függelékek

### 2.8.1. Bibliográfia

Bernek Ágnes (szerk.): A globális világ politikai földrajza. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2002, 435 oldal

Kovács Zoltán : Népeesség és településföldrajz. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2010, 239 oldal

Tóth József (szerk.): A világ földrajza. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2010, 1488 oldal

A világ helyzete 2011- Földünk élelmezése. Kiadja a Föld Napja Alapítvány, Budapest, 2011, 280 oldal

A világ helyzete 2009 - Úton egy felmelegedő világ felé. Kiadja a Föld Napja Alapítvány, Budapest, 2009, 292 oldal

A világ helyzete 2008 - A fenntartható gazdaság. Kiadja a Föld Napja Alapítvány, Budapest, 2008, 316 oldal

A világ helyzete 2007 - Városaink jövője. Kiadja a Föld Napja Alapítvány, Budapest, 2007, 294 oldal

### 2.8.2. Fogalomtár

**Agglomeráció:** 1. Egy térségben, egymás közelében, egymás szomszédságában levő, különböző jellemzőkkel bíró gazdasági tevékenységek térbeli sűrűsödése.

2. Településeggyüttes vagy várostömörülés. Általában egy nagyobb város körül kifejlődő, kisebb-nagyobb településekből álló gyűrű, amelynek települései funkcionális függőségben (foglalkoztatási, közlekedési, ellátási stb.) vannak a központi nagyvárossal.

**Fejletlen országok:** Gazdasági teljesítményük alacsony, a nemzetgazdasági és az egy főre eső GDP-értékeik messze elmaradnak a fejlett országokétól, ezért a világgazdaságban betöltött szerepük periferikus, alapvetően függő helyzetben vannak a fejlett országoktól és az azok által irányított világgazdasági folyamatoktól. Gazdaságuk sokszor csak egy-két iparágon vagy terméken alapul, ezért a világgazdaságban bekövetkezett változásokra nem tudnak megfelelően reagálni. A világpiacra termelő ágazataik jobban fejlődnek, mint a csak hazai piacra termelő, tradicionális ágazatok, ez a gazdasági dualizmus a társadalmukra is kivetítődik, az egy főre eső jövedelmi értékek igen alacsonyak.

**Fejlett országok:** A legmagasabb GDP-értékekkel rendelkeznek, mind a teljes nemzetgazdasági, mind az egy főre eső értékekben. A világgazdaság meghatározó centrumai, vezető szerepük van a dinamikus fejlődő gazdasági ágazatokban, aktív az irányító szerepük a nemzetközi kereskedelmi, pénzügyi folyamatokban, intenzív kutatási-fejlesztési tevékenység jellemzi őket, kiemelkedők az innovációteremtésben. A világgazdasági mellett világpolitikai szerepük is meghatározó, a nemzetközi szervezetek meghatározó tagjai, illetve központjai. Társadalmi berendezkedésükre a nyugati demokrácia, a pluralizmus, a jogállamiság és a többpártrendszer jellemző.

**GDP:** Bruttó hazai termék (Gross Domestic Product): egy adott ország által egy év alatt megtermelt termékek és szolgáltatások piaci áron számolt összértéke. A GDP alapján a világ országai különböző kategóriákba sorolhatók be. A nemzetgazdaság összesített értéke mellett, amely a nemzetgazdaság teljesítményét mutatja, a fejlettségre általában az egy lakosra lebontott és amerikai dollárban kifejezett értéket használják. Az országok fejlettségének összehasonlítására pedig ennek a vásárlóerő értékre átszámított összegét veszik figyelembe (vásárlóerő-paritás).

**Globalizáció:** A gazdasági társadalmi és környezeti folyamatok világszintű egységessége. A globalizáció olyan függőségi viszonyokat teremt, amelyekben a fejlett országok érdekrendszerei a meghatározóak. A folyamat más oldalról a specifikus kultúrák eltűnését és a környezet állapotának gyorsabb romlását hozza magával.

**Integrációk:** Államok közötti nemzetközi együttműködés a gazdaság különböző területein, a kölcsönös gazdasági előnyök elérésére.

**Lokális népesség:**

1. A korai társadalmak alacsonyabb társadalmi szinten szerveződő, területileg elkülönülő, más lokális csoportokkal gyenge térkapcsolatot kialakító népességcsoportjai.
2. A mai társadalmak településekhez kötődő szerveződési szintjei.

**Magaskultúrák:** A történeti korszakokban fejlett gazdálkodással és államisággal rendelkező korai államok.

**Magterületek:** A világgazdaság, a gazdasági térségek vagy a nemzetgazdaságok legfejlettebb térségei, ahol a gazdasági, társadalmi és kulturális fejlődés meghatározó folyamatai koncentrálnak.

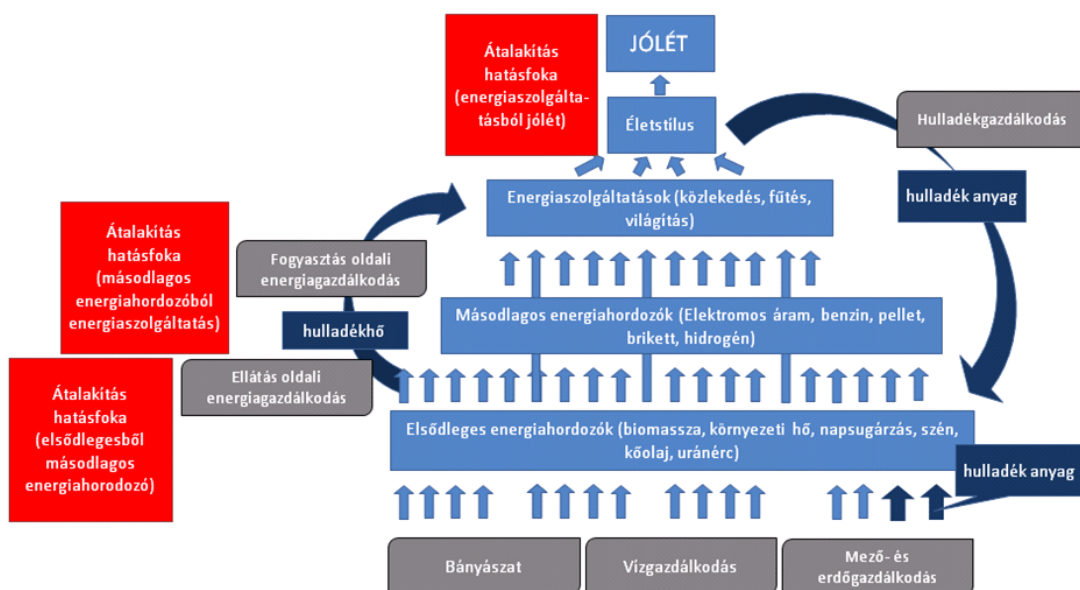
**Nemzetgazdaságok:** A nemzetgazdaság egy állam termelésének, fogyasztásának, megtakarításainak, beruházásainak összessége. A ma már nem igazán létező zárt nemzetgazdaságok a saját erőforrásaikból önmaguk részére termelnek, és erre épül fogyasztásuk is. A mai, különböző mértékben nyitott nemzetgazdaságok jelentős külső erőforrásokat (import) és tőkét használnak fel, termelésük és szolgáltatásaik egy jó része kifelé irányul (export, tőkekivitel). A nemzetgazdaság teljesítményét általában két mutatóval mérik: a GDP (Bruttó Hazai Termék) összegzi az adott ország területén megtermelt javak értékét, függetlenül attól, hogy milyen nemzetiségű állampolgárok állították elő azokat és a GNP (Bruttó Nemzeti Termék) összegzi egy adott ország állampolgárai által előállított javak értékét, függetlenül attól, hogy mely ország területén állították elő azokat.

### 3. FENNTARTHATÓ ENERGIAGAZDÁLKODÁS (MUNKÁCSY BÉLA)

#### 3.1. Az energiagazdálkodás helye és kapcsolatrendszere a környezetgazdálkodásban

A [környezetgazdálkodás](#) nem más, mint a természet erőforrásaival való sáfárkodás – jó esetben olyan módon, hogy közben az emberiség számára létalapot biztosító ökológiai rendszer stabilitását megőrizzük. Jelenleg még csak törekszünk egy ilyen módon működő környezetgazdálkodás megvalósítására, a gyakorlatban ettől még messze van az emberiség. A késlekedés eredményeképpen viszont egy globális ökológiai krízis résztvevői és szenvedő alanyai lehetünk (lásd pl. biodiverzitás rohamos csökkenése, globális éghajlatváltozás).

A krízis kialakulásában meghatározó szerepe van korunk energiagazdálkodásának. Mindjárt le kell szögeznünk, hogy ebben a fejezetben az energiagazdálkodás kifejezést a lehető legszélesebb értelemben használjuk. Az első lépések az [elsődleges energiahordozók](#), energiaforrások (ezen kifejezéseket egymás szinonimájaként értelmezzük) készleteivel való gazdálkodást jelentik. Ebből kiindulva következik azok esetleges feldolgozása, másodlagos energiahordozóvá (pl. [briketté](#), elektromos árammá, hidrogénné) alakítása. Ezután beszélünk az energiaszolgáltatások (pl. fűtés, világítás) létrehozásáról és felhasználásáról. Az így felépített [energialánc](#) végén eljutunk az emberi tényezőig, vagyis addig a célrendszerig, amely a jólét sajátos és egyénenként változó fogalomértelmezéséből fakadóan az egész eddig ismertetett bonyolult folyamat hajtóereje (3.1.1. ábra). Tehát a jólétről kialakult – vagy pontosabban számos tényező, de egyre inkább a reklámok által kialakított – elképzelésünk határozza meg törekvésünket egyfajta életstílus felé. Arról általában már nem veszünk tudomást, hogy ezzel milyen energetikai és környezeti következmények járnak. Tehát, ha a környezeti problémák forrásait keressük, ezek közül az egyik, kétségkívül az elkényelmesedő, egyre nagyobb elvárásokat támasztó fogyasztó.



3.1.1. ábra: Az energialánc és a környezetgazdálkodás főbb elemeinek kapcsolata (Nørgård, J. S. 1999 alapján átdolgozva)

Értelmezésünkben az energiagazdálkodás folyamatrendszerébe tartozónak tekintünk az eddigiekkel kapcsolatos további tevékenységeket is, különösen a folyamatok jogi, gazdasági és műszaki szabályozását, illetve a kutatást és tervezést (lásd pl. energiastratégia, energiatervezés), sőt akár az energiagazdálkodással szorosan összefüggő oktatási-nevelési tevékenységet is.

Az energiagazdálkodás fogalmát a legszélesebb értelemben használjuk a környezetgazdálkodás többi elemének viszonyrendszerében is. Ezek szerint nem húzhatunk éles határvonalat a mezőgazdálkodás, az erdőgazdálkodás, a vízgazdálkodás, a hulladékgazdálkodás és az energiagazdálkodás között, hiszen ezek a valóságban egy adott földrajzi térben nyilvánvalóan szorosan, egymástól elválaszthatatlanul kapcsolódnak össze (például az anyag- és energiaáramlás tekintetében). Amikor a mezőgazdaság vagy az erdőgazdaság energianövényeket termel (ráadásul eközben energiahordozókat használ fel), nyilvánvalóan szerepet játszik az energiagazdálkodásban is. Ez még akkor is így van, ha a gyakorlatban ezek között az alágazatok között sajnos még éles határvonal húzódik. Az energiagazdálkodás tervezésében és megvalósításában szinte kizárólag energetikus szakemberek, a hulladékgazdálkodási tevékenységben hulladékgazdálkodási mérnökök, a mezőgazdálkodásban pedig agrármérnökök vesznek részt. A tervezési folyamatok is külön-külön, egymástól függetlenül, egy-egy viszonylag szűk ismeretanyagra alapozva történnek, kölcsönösen figyelmen kívül hagyva egymás eredményeit, az összefüggések tágabb körét. Ugyanakkor nyilvánvaló, hogy számos tekintetben, így például a szerves hulladékok kapcsán létfontosságú volna a különböző alrendszerek közötti kapcsolatok feltárása, hiszen a mezőgazdaságban keletkező biomassa együtt kezelhető a települési szilárd hulladék szerves részével, s ennek eredményeképpen biogáz állítható elő. Ennek amellet, hogy hő és/vagy villamos energia előállítására használható, üzemanyagként az adott térség közlekedésében is fontos szerepe lehet. Ebben a példában legalább három olyan terület kapcsolódik össze egységes környezetgazdálkodási rendszerre, amelyeket külön-külön vizsgálva nem feltétlenül ismerjük fel az ezek kombinációjában rejlő lehetőségeket, előnyöket – mint ahogyan ez a gyakorlatban sajnos általános jelenség.

Ugyanakkor a megoldásokat kizárólag a műszaki területen keressük – figyelmen kívül hagyva azt a tényt, hogy az egyes folyamatok kulcsfontosságú pontjaiban szerepet kap az ember (pl. mint tervező, mint jogszabályalkotó, mint fogyasztó). Ugyancsak elhanyagolt szempont a térbeliség, miközben egy adott földrajzi térben az erőforrás-hatékonyságot nagymértékben növelhetné az egyes gazdasági ágazatok közötti anyag- és energiaáramlás lehetőségeinek feltérképezése és jobb kihasználása. A fentiek alapján megállapítható, hogy a környezetgazdálkodás – így az energiagazdálkodás – problémáinak megoldása csak interdiszciplináris megközelítéssel lehetséges, amelyben a mérnökök mellett szerepet kell kapjanak a környezettudósok, szociológusok, jogászok, közgazdászok, geográfusok.

Különösen igaz ez akkor, ha a fenntartható energiagazdálkodásról beszélünk. Ebben az esetben ugyanis az energiával kapcsolatos tevékenységek sokaságát olyan módon kell tervezni, szervezni és végrehajtani, hogy a fenntarthatóság bonyolult hármas rendszerére, vagyis legelsősorban a környezeti, másodsorban a társadalmi, harmadrésben a gazdasági szempontokra is figyelemmel vagyunk. Ez a megközelítés megint eltér az általánosan elterjedt nézettől, amely szerint az előbbi három szempont egymással egyenrangú volna. Figyelembe kell vennünk ugyanis azt a nem elhanyagolható tényt, hogy a társadalom és annak gazdasági tevékenysége elképzelhetetlen a természeti környezet erőforrásai és nyelői nélkül (miközben a természeti környezet nagyszerűen működik az emberi társadalom és gazdaság nélkül is, sőt).

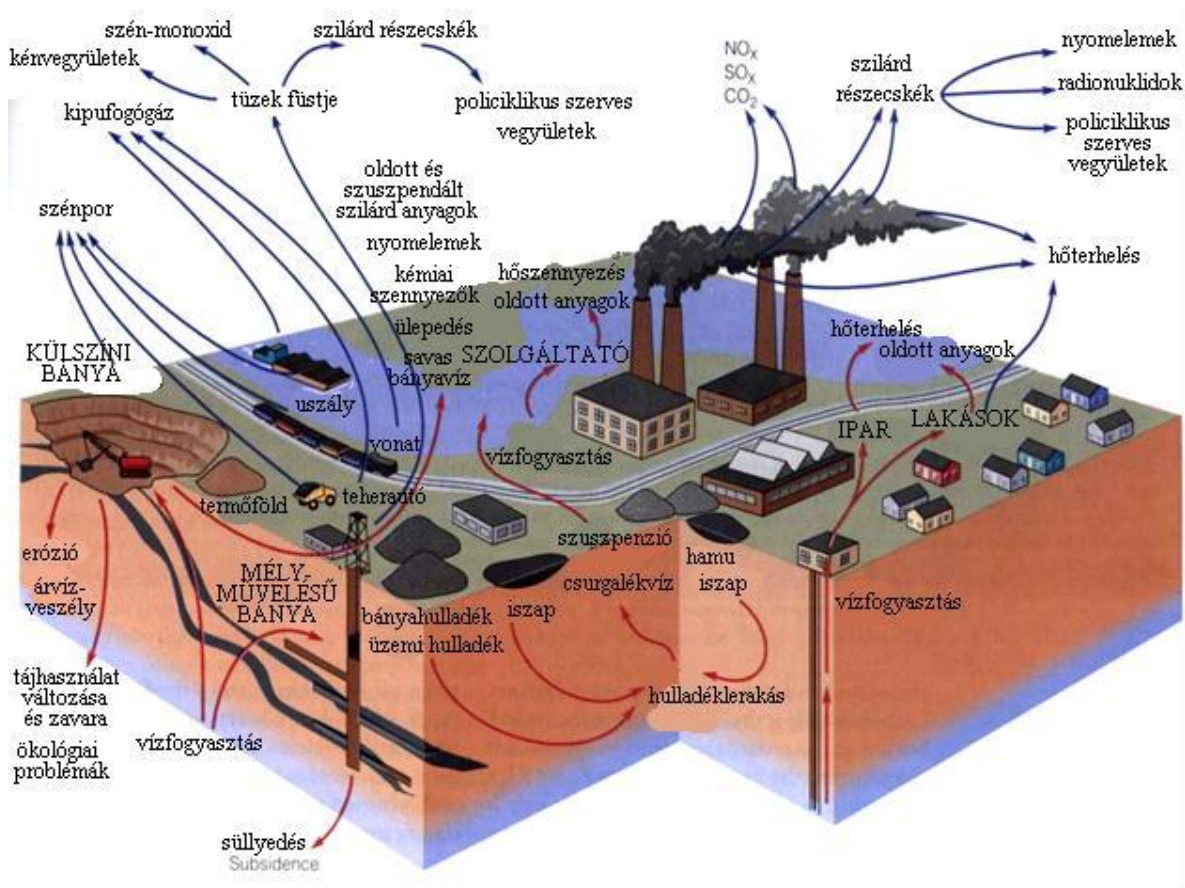
### 3.2. A környezetpolitikai összefüggések

Az energiatermelés és -felhasználás kétségkívül az emberiség egyik leginkább szennyező tevékenysége. Ehhez köthető a [fosszilis energiaforrások](#) kitermelésének (Deepwater Horizon olajfúrótorny-katasztrófa, 2010) és szállításának környezetpusztítása (pl. Exxon Valdez olajszállítótanker-katasztrófa, 1989); az elégetésükből származó szén-, kén- és nitrogén-oxidok kibocsátása; az erőművi salak, valamint a [radioaktív hulladékok](#) hosszú távú elhelyezésének nehézségei; a vízerőművek építésével és üzemeltetésével együtt járó környezetpusztítás (Jangce, Három-szurdok-gát és vízerőműrendszer, 1992–2008). Az eredmény sokkoló: a globális klímaváltozás, a környezet elsavasodása (skandináv tavak élővilágának pusztulása, 1970-es évek), a természetes élőhelyek beszűkülése, a biodiverzitás csökkenése, a sugárterhelésből fakadó egészségügyi károsodások (Csernobil atomerőmű-baleset, 1986).

A környezet szennyezésének a fentiekben ismertetett fajtái nemcsak a környezetvédelem szempontjából okoznak problémákat, de komoly fejtörést jelentenek a közgazdászok számára is. A környezetvédelmi problémák gyökere ugyanis abban rejlik, hogy – miközben mindenekfeletti célként lebeg szemünk előtt a gazdaságosság és a megtérülés – döntéseink során nem vesszük figyelembe az úgynevezett externális hatásokat és ezek költségeit. Ezek azok a hatások és költségek, amelyeket bonyolultságuk okán a közgazdaságtan jelenleg nem hajlandó kezelni, hiszen a kifejtett hatások sokasága csak a következő generációk vagy igen távoli humán, esetleg nem is humán populációk számára okoznak majd problémát. Ebből a „nagyvonalúságból” fakadó torz helyzet jellemzi tehát korunkat, ahol a környezetszennyező technológiák így, sajnálatos módon, komoly versenyelőnyt élveznek.

A szakértők már eljutottak odáig, hogy ezen a helyzeten változtatni kell, és ennek köszönhetően az elmúlt évtizedekben megjelent az életciklus-szemléletmód és ehhez kötődően megkezdődött az [életciklus-elemzés](#) módszertanának kidolgozása. A cél az, hogy a politikai döntések szakmai megalapozása kiterjedjen azokra a környezeti hatásokra is, amelyek ez idáig elkerülték a figyelmünket. Ennek érdekében a különféle konkurens technológiák esetében végig kell követni azok teljes életciklusát a természetből való kitermeléstől a feldolgozáson keresztül egészen a felhasználásig, eközben figyelembe kell venni a szállítási tevékenységek sokaságát is. Fel kell térképezni az egyes fázisokhoz kapcsolódó erőforrásigényt a bemeneti oldalon és leltárt kell készíteni a termékek, melléktermékek és hulladékok, valamint más szennyezések kibocsátásáról a kimeneti oldalon. Meg kell jegyeznünk azonban, hogy a különféle életciklus-elemzési módszerek a sokéves intenzív kutatás ellenére még mindig csak pontatlan eredményeket képesek produkálni (mivel a hatásoknak még mindig csak egy részét veszik figyelembe; illetve ezek súlyozásában még mindig vannak szubjektív elemek), amelyek hibás értelmezése vagy – sok esetben szándékosan – téves interpretálása további torzításokat eredményez.





3.2.1. ábra: Egy széntüzelésű erőmű működésének környezeti hatásai az életciklus során

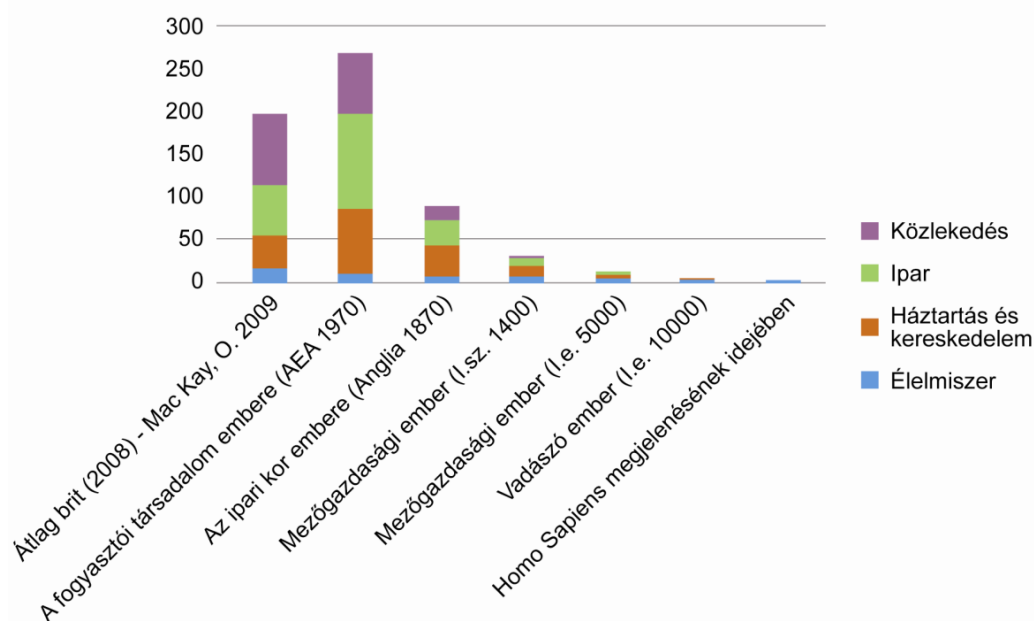
Az Európai Unióban az 1990-es évek első felében kezdődött meg az a nagyszabású kutatási projekt, az ExternE, amelynek eredményeképpen mára kirajzolódni látszik a különféle energiatermelő technológiák környezetre gyakorolt szinte teljes hatásrendszere (3.2.1. ábra). Az ezekkel kapcsolatos externális költségeket lépésről lépésre szándékoznak beépíteni az energiaárakba, illetve több országban már az adórendszer teljes átalakításával is megpróbálkoztak – bevezetve például a szén-dioxid-kibocsátásával összefüggő, úgynevezett energia- vagy karbonadót, valamint a különféle környezetterhelési díjakat. Itt lényeges megjegyezni, hogy mivel az ökoadórendszernek nem az adóterhek növelése a célja, hanem csupán az adózási struktúra átrendezése, ezért mindezzel párhuzamosan fokozatosan csökkentettek egyéb, például a munkaerőt terhelő költségeket. Az adózási és támogatási rendszer illetően átstrukturálása már csak azért is elengedhetetlen, mert a jelenlegi rendszerben különböző jogcímeken, éves szinten 1500–2000 milliárd forintot költünk közpénzeinkből a környezetre káros technológiák támogatására (földgázár-támogatás, távfűtés-támogatás, szénfíllér stb.) (Pavics L.–Kiss K. 2009).

### 3.3. Az energiagazdálkodás alapvetései

Mielőtt megmerítkoznénk az energiagazdálkodás mélységeiben, tisztázni szükséges néhány alapvetést. Alapvető fogalom a teljesítmény, amelynek mértékegysége a watt (háztartási léptékben kW). Egy adott berendezés (pl. szélturbina) által termelt vagy elfogyasztott (pl. lámpa) energia mennyiségét alapvetően a teljesítmény és az eltelt idő ismeretében, azok szorzataként tudjuk megadni. Ezt általában Wh-ban (háztartási léptékben kWh-ban, egy

ország esetében GWh-ban) vagy joule-ban (egy ország léptékében PJ-ban) fejezzük ki. A hétköznapi életben kulcsfontosságú tényező a határfok, amely megmutatja, hogy az összes energiaváltozás hány %-a a számunkra hasznos energiaváltozás.

Az energiával gazdálkodás legősibb módja a hőenergia termelése és felhasználása, illetve a közlekedés. A villamos energia kereskedelmi léptékű előállításának története csak 1882-ig nyúlik vissza, ám maga a szolgáltatás a 20. században vált általánossá – igaz, akkor is csak a világ jobb módú térségeiben. Jelenleg a világ népességének negyede él villamosáram nélkül. Ugyanakkor látnunk kell, hogy elektromosság nélkül is lehet teljes értékű életet élni, sok embertársunknak, különösen a természeti népeknek, nincs is szüksége erre a szolgáltatásra (de ugyanilyen megfontolás alapján: vajon melyikünk vonhatná kétségbe azon elődeink – sikeres uralkodók, művészek, tudósok – érdemeit, akik a villamosítás kora előtt éltek). Az igények folyamatos változására utal, hogy az energiaformák felhasználásának bővülése az elmúlt évszázadok során messze meghaladta a népesség gyarapodásának ütemét. A legutóbbi évtizedekben a villamosáram-felhasználás növekedése volt kiemelkedő, hiszen kétszeresen haladta meg a primer energiafelhasználás növekedésének szintjét (3.3.1. ábra).



3.3.1. ábra: Az egy főre eső teljes energiafelhasználás változása a történelem során (kWh/nap) (Courtney, A. 2005 és Mackay, D. 2009 alapján)

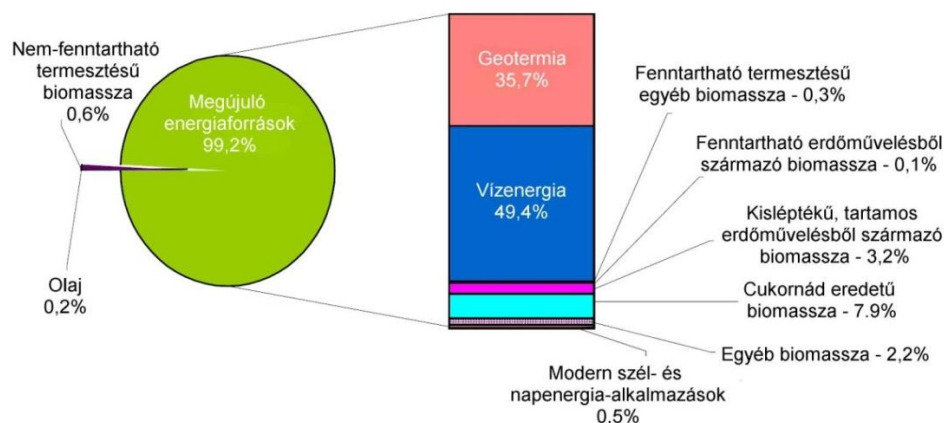
### 3.4. Az energiatermelés jelenlegi helyzete

A világ teljes energiafelhasználása (Total Primary Energy Supply – TPES) az elmúlt 40 esztendőben megduplázódott, 2008-ra meghaladta az 500 EJ-t (IEA 2010) – eközben a népesség száma, ugyancsak megduplázódva, csaknem elérte a 7 milliárdot. A felhasznált energiaforrások tekintetében minden téren folyamatos növekedést tapasztalhatunk. Az egyes források arányát nehéz meghatározni, a statisztikák ugyanis ezeknek csak a kereskedelmi forgalomba kerülő részével kalkulálnak, miközben a fejlődő térség egyes országai-ban meghatározó szerepe lehet a kereskedelem rendszerén kívüli energiahordozók felhasználásának (Dzioubinski, O. – Chipman, R. 1999). Ezek közül kiemelkedik a biomassza

hagyományos felhasználása, de ide sorolható a modern alkalmazások közül például a napenergia passzív hasznosítása is. A becslések szerint az egyes források részesedése napjainkban (2008. évi adat alapján) az alábbiak szerint alakul:

- a fosszilis energiaforrások 80% körüli,
  - 33% kőolaj;
  - 27% szén;
  - 21% földgáz;
- a megújuló szektor mintegy 14%,
  - 9,5% hagyományos biomassa;
  - 2,25% nagy teljesítményű vízerőmű;
  - 2,25% modern megújuló (szélerőmű, napcella, hőszivattyú stb.);
- atomenergetika kb. 6,5% (UNDP 2000 és IEA 2010).

A fenti arányok vonatkozásában regionálisan jelentős eltérések alakultak ki a természeti adottságok és az energiapolitikai elképzelések függvényében. A végletekig kiszolgáltatott országok sorába tartozik Málta, hiszen energiafelhasználása 100%-ban a kőolajra támaszkodik – amit teljes egészében importálni kényszerül (EC 2007b). A megújuló energiaforrások felhasználása tekintetében kiemelhető Norvégia (TPES 56%-a), Izland (TPES 81%-a) vagy Costa Rica (3.4.1. ábra). Az utóbbi országban az elsődleges energiafelhasználásnak már 99,2%-a származik megújuló forrásból. A villamos áramot 82%-ban vízerőművekkel állítják elő, de egyre jelentősebb szerepet kapnak a szélturbinák és a geotermikus erőművek is. Utóbbiak adják a hőenergia nagyobb részét is, de ezen a téren fontos szerepe van a cukornádtermesztés és -feldolgozás során keletkező hulladék biomassa hasznosításának is.



3.4.1. ábra: Costa Rica elsődleges energiaellátása 2000-ben (Altamonte, H. et al. 2003)

Az atomenergetikában Franciaország játssza a vezető szerepet, itt 58 atomreaktor működik, amelyek a teljes energiatermelés 40%-át biztosítják, a villamosenergia-termelésben részarányuk meghaladja a 78%-ot. Látni kell ugyanakkor, hogy a felhasznált uránérc tekintetében az ország teljes mértékben importra szorul, az energiahordozót elsősorban Kanadából és Nigerből hozza be (WNA 2010).

Hazánkban a teljes energiafelhasználás mintegy 45%-a a földgázhoz, 25%-a a kőolajhoz, 15%-a a szénhez kapcsolódik. A felhasznált energiaforrások mintegy 80%-a érkezik külföldről, kiszolgáltatottságunk a kőolaj és a földgáz tekintetében megközelíti a 90%-ot, az uránérc esetében 100% (Magyarország energiapolitikája 2007–2020).

A kapacitások bővítése terén Európában a megújuló energiaforrások szerepe kiemelkedő, ezen belül – immár évek óta – a szélenergia áll a vezető helyen (EWEA, 2010), míg például Kínában vagy Indiában egyértelműen a fosszilis források felhasználásának növekedése a meghatározó (EIA 2010). Az atomenergia jelentős fejlesztésének időszaka lecsengett, kifejezetten ilyen jellegű beruházások dominanciája jelenleg egyik térségre sem jellemző.

### 3.5. Az energiafogyasztás jelenlegi helyzete

A világban az energiafogyasztás növekedésének döntő oka a népesség robbanásszerű növekedése. Az egy főre eső átlagos energiafogyasztás az utóbbi fél évszázadban lényegében nem változott, 70 GJ/fő/év. Ezzel a mutatóval azonban óvatosan kell bánni, hiszen a gazdag országok lakói az átlagnak akár 4-5-szörösét, míg a szegények csupán az átlagérték töredékét fogyasztják. Az energiahordozók felhasználásának szerkezetét illetően a világ egészét figyelembe véve az ipar és a közlekedés egyaránt kb. 27,5%, míg a háztartásokhoz és a mezőgazdasághoz kötődő energiahordozó-fogyasztás együttesen 36% körüli. A fennmaradó csaknem 9%-nyi energiaforrást ipari alapanyagként, tehát nem energetikai célra hasznosítjuk – pl. műanyagok gyártására (IEA, 2010). A háztartásokhoz kötődő energiafogyasztás, és ezen belül különösen a közlekedés (főként a légi közlekedés) egyre jelentősebb tételt jelentenek a statisztikákban, de elgondolkodtató a mezőgazdaság fosszilisenergia-fogyasztásának aggasztóan magas szintje is. Napjainkban nem más, mint a gépesítettség és az agrokemikáliák, illetve ezek magas kőolajigénye biztosítja a nagy hozamot – és a fokozatosan romló beltartalmi mutatókat –, ami a jelenlegi iparszerű gazdálkodási módok sebezhetőségére, az emberiség élelemtermelésének kiszolgáltatottságára hívja fel a figyelmet.

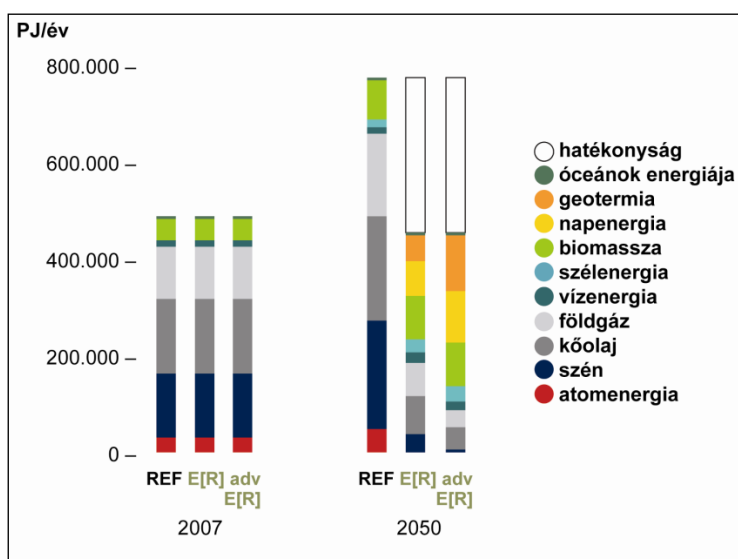
### 3.6. Fókuszáljunk a jövőre!

M. King Hubbert egyesült államokbeli geológus 1956-ban hozta nyilvánosságra elképzelését, amely a korlátozottan rendelkezésre álló természeti erőforrások kitermelésének törvényszerűségeit foglalta össze (Hubbert, M. K., 1956). Az elmélet az Egyesült Államok kőolaj-kitermelésének maximumát az 1965–1970 közötti időszakra tette – és alig tévedett, hiszen az Egyesült Államok olajkitermelési csúcsa 1971-ben volt. Az első, a világ kőolaj-kitermelésére vonatkozó, széles körben ismert elméletet Colin J. Campbell angol és Jean H. Laherrère francia geofizikusok publikálták 1998-ban, amelyben 2004-re tették az olajkitermelés csúcsát (amely, úgy tűnik, a valóságban 2008–2009-ben következett be). Természetesen más természeti erőforrások tekintetében is felmerül a hozamcsúcs problematikája. A földgáz esetében Bentley, R. W. (2002) 2020 környékére jelezte előre a kitermelés csúcsát, míg ugyanez a szén esetében 2025 körülre várható (Zittel, W. – Schindler, J., 2007). Ugyanilyen alapon – hiszen a nukleáris-üzemanyagciklus sem zárt – alkalmazzák az elképzelést az atomenergetikára is. Itt még jobban kitapintható a jelenség lényege, hiszen a készletek földrajzilag jobban behatároltak. Tizenegy ország, köztük Magyarország, már kimerítette gazdaságosan felszínre hozható uránérckészleteit (NEA 2004). Világviszonylatban – ha a jelenleg gazdaságtalan alternatív megoldásokat is figyelembe vesszük – a kitermelés csúcsa 2035–2040 környékén várható (Zittel, W. – Schindler, J., 2006).

Az egyes energiahordozók külön-külön vizsgálata ugyan érdekes eredményeket hozhat, ám sokkal korszerűbb megközelítés, ha a lehetőségek összességét igyekszünk figyelembe venni. Ebben a tekintetben jelent fontos lépést Duncan, R. C. 1989-ben megjelentette, aztán többször pontosított koncepciója, amely az Olduvai-elmélet néven vált közis-

merтті. Ennek lényege, hogy a népesség növekedése és az energiahordozó-készletek megfogyatkozásának eredményeként 2012-től hirtelen esés következik be a világ egy főre jutó teljes energiatermelésében, amit a szerző Olduvai-szakadéknak nevezett el – szerinte ugyanis ennek a zuhanásnak az eredményeképpen ahhoz hasonló kőkori állapotok jellemzik majd az ipari társadalom utáni világot, mint amilyen a híres [Olduvai-lelet](#) idejében, kb. 1,8 millió éve létezett (Duncan, R. C., 2007).

Ennél persze előremutatóbb elképzelések is léteznek, ám ezek mindegyike a népesség-növekedés megállítását és az energiahordozók fogyasztásának visszafogását (sőt, általában a termelés és fogyasztás mérséklését) tartja szükségesnek. Az energiahordozók kapcsán két lehetőségünk van: a hatékonyság növelése és a takarékoság fokozása, ám az ezek mértékében rejlő potenciál megítélésében nincs egyetértés a különféle iskolák között. A hosszú távú célok elérésének tükrében a leginkább előremutatónak a „10-es Tényező Intézet” elképzelése tűnik, amely szerint az energetikai rendszer hatékonysága az iparosodott térségben akár 10-szeresére, sőt egyes országokban még ennél is nagyobb mértékben javítható (Schmidt-Bleek, F., 2008). Ezt az elképzelést alkalmazva dolgozhatók ki olyan forгатókönyvek, amelyek globális léptékben is alacsony vagy akár zéró szén-dioxid-kibocsátást eredményeznek. Ilyen dokumentumok már az 1970-es évek óta készülnek a különféle kutatóműhelyekben, közülük néhányat megismerhetünk egyes szakmai honlapoknak köszönhetően: pl. <http://forum.lowcarbon-societies.eu/> – itt nemcsak globális, de nemzeti vagy települési szintű szcenáriókat is szép számmal találunk. Példaképpen lássunk egy közelmúltban publikált anyagot (Teske, S., 2010). A *3.6.1. ábra* három különböző forгатókönyvet ábrázol. Az első a Referencia forгатókönyv (az ábrán: REF), amely a Nemzetközi Energia Ügynökség 2009-ben publikált, World Energy Outlook című tanulmányának adatai alapján készült. A második az úgynevezett „Energy [R]evolution Scenario” (az ábrán: E[R]), amely 2050-re 10 Gt/év alá szorítja a világ szén-dioxid-kibocsátását. A harmadik elképzelés az „Advanced Energy [R]evolution Scenario” (az ábrán: adv E[R]), amely az energetikai rendszer még gyorsabb és átfogóbb átalakításának lehetőségét vázolja fel. Ennek eredményeképpen – az energiahatékonyság kiterjesztésével – 2050-re akár egy igen alacsony karbonkibocsátású, döntően megújuló energiaforrásokra támaszkodó világ képe is kirajzolódhat.



3.6.1. ábra: Globális energia-forгатókönyvek 2050-re (Teske, S. 2010)

### 3.7. Az energiahatékonyság

Az egész energetikai rendszer hatékonyságával foglalkozó első komolyabb értekezések az 1990-es években láttak napvilágot, részben a Wuppertal Intézet és a 10-es Tényező Intézet, részben a Római Klub (Weizsäcker, E. U. et al., 1997) munkáinak köszönhetően. Az elméleti fejtegetések mellett – ahogyan erre a későbbiekben példát is látunk – a kutatók arra törekedtek, hogy gyakorlatban megvalósított projektek segítségével igazolják állításukat.

Az energiatermelés tekintetében a hatékonyság növekedése azt jelenti, hogy ugyanannyi elsődleges energiahordozóból több másodlagos energiahordozóra teszünk szert. Lásunk erre mindjárt több példát is:

1) Ilyen a kapcsolt energiatermelés (kogeneráció), amelynek lényege, hogy a villamos erőműben keletkező hulladékhőt nem engedjük a környezetbe (pl. hűtőtornyok vagy hűtőtavak révén), hanem hasznosítjuk. Ennek szab határt az erőmű mérete, hiszen minél nagyobb villamosteljesítménnyel rendelkezik egy adott létesítmény, annál több hőenergia keletkezik (az áram mennyiségéhez képest körülbelül 3-4-szeres mennyiségben), amelynek szállíthatósága érthető okokból meglehetősen korlátozott: míg a legkorszerűbb nagyfeszültségű egyenáramú vezetékrendszerrel (HVDC) 3-4000 km távolságra alig 15% veszteséggel szállítható a villamos energia, addig a forró gőz a legmodernebb rendszerben is csak legfeljebb 30-40 km-re továbbítható. Többek között ennek a felismerésnek a nyomán indult meg az a nemzetközi folyamat, amelynek eredménye a fogyasztás helyéhez telepített kiserőművek (<50 MWp) gyors terjedése, az energetikai rendszerek decentralizálása. Szerinte a világon dominálnak a 25% körüli hatásfokkal működő nagy teljesítményű villamos erőművek, miközben a leghatékonyabb kogenerációs erőművek akár 90% fölötti összesített hő- és villamos hatásfokot is képesek elérni. A kogenerációs alkalmazások kapcsán a legnagyobb kihívás a hőigény jelentős zuhanása a nyári időszakban. Ezt részben orvosolja a trigeneráció, amely a kogeneráció továbbfejlesztett formája. Ebben az esetben a hőenergia felhasználásával, abszorpciós hűtőberendezések segítségével hűtési feladatokat látunk el – a szűk keresztmetszetet ebben az esetben is az igények mértéke jelentheti.

2) Kézenfekvő megoldás, ha a korábbi egyszerű [gázturbina](#) helyett kombinált ciklusú rendszert működtetünk, vagyis a gázturbinából kilépő magas hőmérsékletű, kimenő füstgázokból visszanyert hőenergiával egy további gőzturbinát üzemeltetünk, amivel egy csapásra ~50%-kal több villamos áramot állíthatunk elő.

3) Ugyancsak látványos hatékonyságnövekedést eredményez, ha például polikristályos (10–13% hatásfok) helyett szilícium egykristály alapú (15–20% hatásfok) [napelemet](#) szerelünk a tetőre, de még egyszerűbb megoldás, ha a meglévő szélgenerátorunkat egy magasabb oszlopra helyezzük.

Az energiafelhasználás oldalán az energiahatékonysági koncepció lényege, hogy ugyanahhoz az energiaszolgáltatáshoz kevesebb energiahordozó felhasználásával jutunk. A hatékonyság növelése alapesetben technológiai fejlesztést és beruházást jelent.

Az elméleti kutatók – jelen esetben elsősorban német szakértők – gyakorlati projektekben történő részvételére példa a 2003–2007 között megvalósított dunaújvárosi Solanova Projekt, amelynek keretében egy hagyományos lakótelepi panelház teljes energetikai rekonstrukciója valósult meg – mégpedig olyan sikeresen, hogy a legtöbb lakásban a fűtési energiafelhasználás terén valóban csaknem tízszeres hatékonyságnövekedést értek el. További lényeges eredmény, hogy a nyári időszakban egyszerű passzív hűtési megoldásokkal

(árnyékolás, éjszakai szellőztetés) lehetségessé vált olyan szinten tartani a helyiségek belső hőmérsékletét, hogy az itt lakóknak a jövőben már nincs szükségük légkondicionáló berendezések üzemeltetésére.

Az épületenergetika területének fontosságát jelzi, hogy az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC) IV. Értékelő Jelentésének idevágó fejezete szerint (Levine, M. et al., 2007) Közép-Európában az épületekhez köthető energiafelhasználás mintegy 30%-ra csökkenthető 2020-ra (tehát viszonylag rövid időtávlatban) – ha megtörténnek az ehhez szükséges fejlesztések.

A másik nagy energiafogyasztó a közlekedés, ahol ugyancsak radikális hatékonyságnövelésre van lehetőség. Pusztán az elektromos autók elterjedésével (és a robbanómotorok visszaszorulásával) mintegy négyszeres hatékonyságnövekedés érhető el. Ez természetesen csak abban az esetben igaz, ha a rendszerhatárt magánál a gépjárműnél húzzuk meg. Árnyalja a képet, ha a teljes energiarendszert figyelembe véve vizsgáljuk az elektromos autózást. Mivel a szakirodalom szerint a jövőben az elektromos hálózatról tölthető akkumulátoros típusok elterjedése várható (MacKay, D. 2009; Kemp, M. et al., 2010), nem lényegtelen, hogy az energiarendszerben a villamos áram előállítása milyen erőforrásokból, milyen hatékonysággal történik, hiszen ez nagymértékben alakíthatja az előbbieken felrajzolt idealisztikus képet. Az akkumulátoros elektromos autók energetikai előnyei főként azokban az országokban mutatkoznak meg, ahol a villamos áramot fenntartható módon, decentralizáltan termelve, helyben elérhető megújuló forrásokból nyerik.

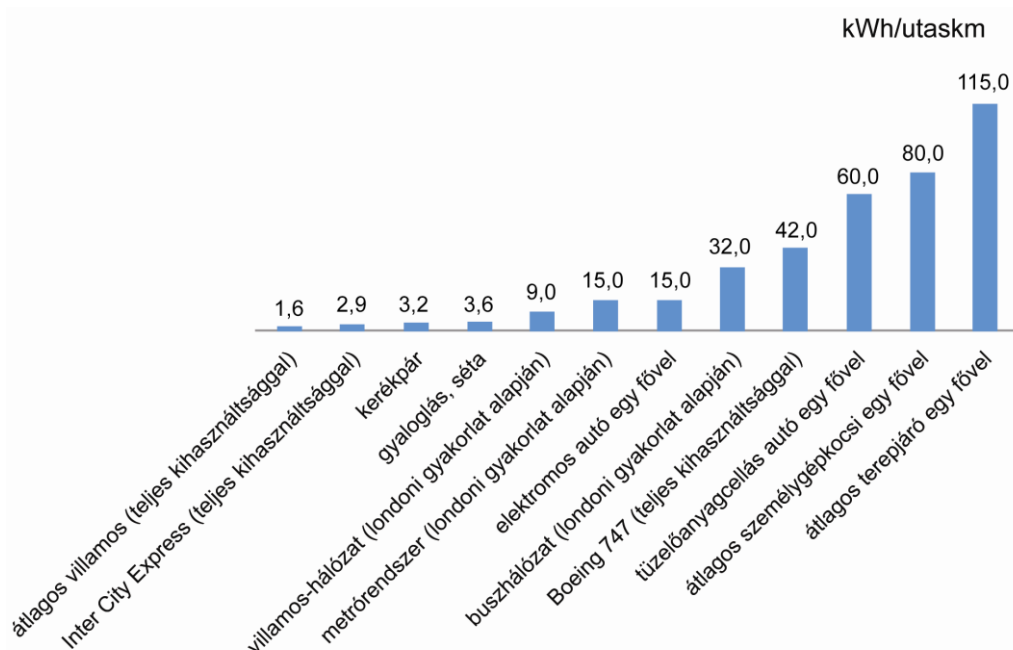
Itt azonban fel kell hívnunk a figyelmet egy igen lényeges felismerésre: a hatékonyság növekedése önmagában nem feltétlenül vezet a környezetterhelés csökkenéséhez. Az elmúlt évtizedek adatsorait elemezve például kiderül, hogy – minden energiahatékonysági fejlesztés dacára – a gépjárművek átlagos üzemanyag-felhasználása nőtt. Ennek a paradoxonnak a hátterében az a tény áll, hogy korunk autói nagyobbak és nehezebbek a korábbi típusoknál – így bár az egy literre jutó kilogramm-kilométerek tekintetében szépen látszik a technológiai fejlődés, összességében a fogyasztási mutatók egyre elkeserítőbbek (York, R., 2006). Ugyanez a jelenség az élet számos más területén is megfigyelhető, gondoljunk csak az egyre nagyobb méretű monitorokra, televíziókra vagy hűtőszekrényekre, amelyek fajlagosan hatékonyabban működnek, mint elavult társaik, végső energiafogyasztásuk mégis nagyobb.

### 3.8. Visszacatolási effektus

Az energiahatékonyság fokozásával megtakarított energia egyúttal költségmegtakarítást is jelent. Ez csak addig tekinthető örömteli fejleménynek, amíg az így felszabaduló pénzt nem energiaigényes szolgáltatások vagy termékek megvásárlására fordítjuk. Ha például ezt a megtakarítást tengerentúli nyaralásra költjük, akkor szinte bizonyosan kedvezőtlenebb végeredményt kapunk energetikailag és környezeti szempontból is, hiszen egyetlen ilyen utazás ránk jutó energiafelhasználása azzal vethető össze, mintha az év minden egyes napján 30-40 km-t autóznánk pluszban (MacKay, D., 2009). Ezt a kedvezőtlen jelenséget hívjuk visszacsatolási effektusnak. Lényegesen kedvezőbb a helyzet, ha a megspórolt összeget további energiahatékonysági beruházásokba fektetjük vagy egyszerűen csak több időt száunk emberi kapcsolatainkra, családunkra vagy a kikapcsolódásra: „Szigetelje lakását és pihenjen egy-két héttel tovább” (Nørgård, J. S., 1999).

### 3.9. Takarékoság (az emberi tényező)

Az autózás problematikájánál maradva: még tovább rontja a képet, ha végiggondoljuk azt, hogy célunk valójában az, hogy mi magunk eljussunk A-ból B pontba, ám közben 1500-2000 kg-nyi ballasztot, vagyis magát a gépjárművet is magunkkal kell vigenyünk. Ilyen módon könnyen juthatunk arra a következtetésre, hogy mindent figyelembe véve a személygépkocsival történő helyváltoztatás végső hatásfoka alig 1-2% körüli érték. És ez az a pont, ahonnan lényegessé válik az emberi tényező: vagyis, ha már eljutottunk eddig a felismerésig, a mindennapi döntéseinket ez vajon milyen módon befolyásolja. Miután rádöbentünk, hogy elfogadhatatlan és a következő generációkkal szemben etikátlan az erőforrások ilyen esztelen felélése, vajon eljutunk-e addig, hogy felismerésünket tettek is kövessék, és inkább kerékpárral vagy tömegközlekedéssel győzzük le a távolságot? Ez annak fényében jelentene óriási előrelépést, hogy a közlekedés ezen módozatai mintegy 25-ször energiahatékonyabbak, mint a személygépkocsi használata (Mackay, D. 2009) – még akkor is, ha nem vesszük figyelembe a korábban említett 1-2 tonna súlyfelesleget (3.9.1. ábra).



3.9.1. ábra: Különbözo közlekedési módok energiahatékonysága (MacKay, D. 2009 alapján)

A fentiek alapján talán kezd nyilvánvalóvá válni a különbség a hatékonyság és a takarékoság között, de a további pontosítás kedvéért álljon itt Sólyom László köztársasági elnök úrnak egy energetikai konferencián elhangzott gondolata: „az energiahatékonyság és a takarékoság minőségileg különböznek. Az energiahatékonyság növelése ugyanis nem igényli az eddigi értékrend és alapvető meggyőződések megváltoztatását – nem igényli az alapvető zöld szemléletváltást... Az igazi szemléletvi változást... az energiatakarékoság hozza magával – takarékoság az önkorlátozás értelmében. A hatékonyság e nélkül nem hoz eredményt.”<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Sólyom László köztársasági elnök beszéde a Heti Válasz és az MTA együttműködésében megrendezett, „Energia – másképp” című konferencián, 2009. április 2.



Ugyanez a véleménye a Cambridge Egyetem fizikaprofesszorának, aki egyszerű eszközökkel két esztendő leforgása alatt 50-ről 13 kWh/nap-ra szorította vissza lakásának téli fűtési energiafelhasználását. A változtatások egy része az épület hőszigetelését érintette (homlokzat és nyílászárók), tehát az energiahatékonyság javítását célozta, ugyanakkor néhány további, immár a takarékoság tárgykörébe tartozó lépés is történt. Az egyik a helyiségek téli mikroklímáját érintette: a környezettudatos professzor a szobák hőmérsékletét 17 °C-ra szorította vissza. Ez első hallásra drasztikus lépésnek tűnik, ám minden csak viszonyítás kérdése. A brit háztartások helyiségeinek téli átlaghőmérséklete 1970-ben mindössze 13 °C volt (MacKay, D., 2009). De Móra Ferenc közismert története segítségével könnyen képet alkothatunk a 19–20. század fordulójának magyarországi viszonyairól is: „Akárhogy fűtöttük a búbot, a malomszoba ablaka egész télen át ki nem engedett. S az a befagyott ablak volt az én palatáblám, édesanyám gyűszűs ujja rajta a palavessző.” Természetesen nem az a cél, hogy újra ilyen áldatlan körülmények között éljünk, ám az, hogy tudjuk, hogy hol tartottunk alig 100 esztendővel ezelőtt, az mai igényeink újragondolása során viszonyítási ponttal azért szolgálhat.

A cambridge-i professzor által alkalmazott, másik végtelenül egyszerű lépés az energiafogyasztás figyelemmel kísérése: a mérőórák gyakoribb leolvasása, az adatok rendszeres rögzítése, esetleg egyszerű elemzése. A kutatók egybevágó tapasztalata, hogy az évenkénti leolvasásról a havonkénti leolvasásra és elszámolásra való áttérés már önmagában meglepően nagy, akár 10-20% körüli fogyasztáscsökkentést eredményezhet, hiszen az energiafogyasztásunk mértékével való szembesülésre sokkal gyakrabban kerül sor. Természetesen a heti vagy napi leolvasás, esetleg kifejezetten ezt a célt szolgáló fogyasztásmérő berendezések használata, további támpontokat jelent a takarékoság felé vezető úton.

Persze az energiával való takarékoskodás lehetőségei ennél jóval szélesebb körűek, lényegében szinte életünk minden mozzanatára kiterjednek. A közlekedés és a fűtés után lássunk néhány példát az elektromos árammal való takarékoskodásra is. Ezek között előkelő helyen állnak azok a megoldások, amelyek csak egy kis figyelmet vagy minimális ismeretet igényelnek. Így például az égve felejtett lámpák lekapcsolása, a konnektorban hagyott teleföntöltők áramtalanítása, a készenléti üzemmód alkalmazása helyett a készülékek teljes kikapcsolása mind-mind apró lépéseket jelentenek a felelősségteljesebb, környezettudatosabb életvezetés felé.

### 3.10. Energiaellátás

Hogy mennyire fenntartható hosszú távon az energiarendszer, az a fogyasztás mellett nagymértékben függ a felhasznált energiaforrások körétől is. Egyfelől lényeges szempont, hogy megújuló vagy fogyó készletekről van-e szó, másfelől legalább ennyire fontos, hogy milyen környezeti hatásokkal kell számolnunk az egyes megoldások alkalmazása kapcsán. Harmadikként a gazdaságosságot, mint kulcskérdést kell megemlíteni, amelynek megítélése azonban még az előző szempontoknál is lényegesen nehezebb, tekintettel az externáliákra, a makrogazdasági és társadalmi összefüggésekre, valamint a viszonyítási alapot képező fosszilis energiaforrások gyorsan emelkedő árára.

### 3.11. A megújuló energiaforrásokról általában

Először is azt érdemes leszögezni, hogy – sokszínűségük okán – az általánosítások szinte minden esetben hamis képet rajzolnak a megújuló energiaforrásokról vagy ezek alkalmazási lehetőségeiről.

Definíciónk szerint: A megújuló energiaforrás olyan közeg, természeti jelenség, melyből energia nyerhető ki, miközben a forrás újratermelődése meghaladja a felhasználás mértékét – felhasználhatóságuk tehát korlátozott, ezt a korlátot átlépve ezek az erőforrások is csak ideig-óráig állnak rendelkezésre. A megfogalmazásból érezhető egyfajta rugalmasság, ami nemzetközi összevetésben is könnyen tetten érhető. Egyes országokban ugyanis ebbe a kategóriába sorolják a kommunális hulladékokat is, mondván, hogy az alkotóelemeinek egy része energetikai célra hasznosítható, ráadásul folyamatosan újratermelődik. Ennek a megközelítésmódnak gyakorlati jelentősége is van, mert így a hulladékégetést a többi megújulóenergia-alkalmazás rovására támogatják. Ez nem kifejezetten előremutató, mert az egyik legfontosabb alapelv, a hulladékkeletkezés megelőzésének elve sérül. Hiszen ha már megépítettünk egy igen költséges égetőművet, akkor ott évtizedeken keresztül folyamatosan szükség lesz a nagy mennyiségű szemétre. Hasonlóra példa a geotermikus energia alkalmazása is, mely néhány országban nem tartozik a megújuló kategóriába, arra való hivatkozással, hogy a felszín alatti forró vizek készleteinek kitermelése meghaladja az újratermelődés ütemét, sőt a technológia és a kitermelés mértékének függvényében néhány évtizedes intenzív hasznosítás után az adott kőzettest hőmérséklete is visszaeshet, így energetikai hasznosításra alkalmatlanná válhat. De a bioenergia-felhasználás során is könnyen átléphetjük a biomassza újratermelődésének mértékét. Egy másik lényeges aspektusát villantja fel a fenntarthatóság és a megújuló energiaforrások kapcsolatának a vízenergia használata. A gyakorlatban ugyanis a többi megújuló energiaforrástól elkülönítik a 10 MW-nál nagyobb teljesítményű, folyóvízre telepített vízerőműveket – mivel ezek sok esetben olyan mértékű környezeti/természeti károkat okoznak, amelyek alapján nyugodtan kijelenthetjük, hogy a technológia nem tekinthető ökológiai és társadalmi értelemben fenntarthatónak.

Ugyancsak általánosságban igaz, hogy a megújuló energiaforrásokra való áttérés a gazdaság számára igen komoly lehetőséget rejt, hiszen az új technológiák egyre szélesebb körű alkalmazása folyamatos beruházásokat igényel, ami korunk növekedésorientált gazdaságában lényeges szempont. Ugyancsak közös előnyként tartjuk számon a fenti átalakulási folyamatnak a foglalkoztatottságra gyakorolt hatását, hiszen a [decentralizált energia-rendszer](#) létrehozása nem csak egyszerűen a munkanélküliség visszaszorításában játszik szerepet, de kiemelendő, hogy ez a hatás hatványozottan jelentkezik a vidéki, elmaradottabb területeken – gondoljunk csak a biomassza alapú technológiák alapanyagigényének fedezésére. A szélturbinák és a napenergiás alkalmazások is mielőbb országos lefedettséget kellene, hogy elérjenek, ami nem oldható meg pusztán egy-két nagyvárosi vállalkozás bevonásával.

Egy igen lényeges vonása a megújuló energiaforrásoknak, hogy nincsen olyan pontja a Földnek, ahol közülük legalább egy ne volna hozzáférhető. Ez a tény rá kell, hogy irányítsa figyelmünket azokra a kezdeményezésekre, amelyek célja az, hogy helyi szinten energetikai autonómiát valósítsanak meg – természetesen a helyben hozzáférhető megújuló energiaforrásokra támaszkodva. Ennek különös jelentőséget kölcsönöznek a természeti erőforrásokért folytatott fegyveres konfliktusok, amelyek az igények növekedésének és a készletek csökkenésének következményeként a jövőben könnyen eszkalálódhatnak. Az internetről ingyenesen letölthető, a környezeti problematikát átfogó módon bemutató könyvében Brown, L. R. (2009) egyszerű számítást közöl az alapvető társadalmi célok eléréséhez és a Föld ökológiai rendszereinek helyreállításához szükséges pótlólagos költségigény kapcsán, amely szerinte éves szinten 187 milliárd dollárt tesz ki. Ezzel állítható szembe a világ összes hadi kiadása, amely eléri az évi 1464 milliárd dollárt. Vagyis, ha a fegyverkezésre

fordított pénznek csak egy töredékét a mindenkire kiterjedő alapszintű oktatás megszervezésére (ebben a népesedési krízis megfékezését szolgáló oktatási programokra) és a biológiai sokféleség védelmére (erdőtelepítésre, talajvédelmi célokra, a halászfertőzések és a legelők helyreállítására) fordítanánk, eközben pedig az ökoadó-rendszer bevezetésével megteremténk a lehetőséget a helyben elérhető megújuló energiaforrások széles körű felhasználására, lényegében megszűnhetne a háborúskodások egyik legfőbb kiváltó oka.

A megújuló energiaforrások alkalmazásának közös előnye, hogy életciklusuk során képesek visszanyerni azt az energiát, amelyet a felhasználásukhoz szükséges berendezések legyártása során befektettünk. Az összes konkurens technológia esetében ez nem áll fenn, hiszen nem elég, hogy ezen rendszerek kiépítése és a lebontása energiaigényes, de az általuk termelt hasznos energia előállításához további folyamatos tüzelőanyag-utánpótlást igényelnek.

A megújuló energiaalkalmazás megnevezése	Energia-megtérülési idő
Szélerőmű	3–7 hónap
Vízerőmű	9–13 hónap
Termovillamos naperőmű Észak-Afrikában	3–7 hónap
Polikristályos fotovillamos rendszer Közép-Európában	36–60 hónap
Vékonyfilmes fotovillamos rendszer Közép-Európában	24–36 hónap
Napkollektor	18–30 hónap
Geotermikus hőenergia	7–10 hónap

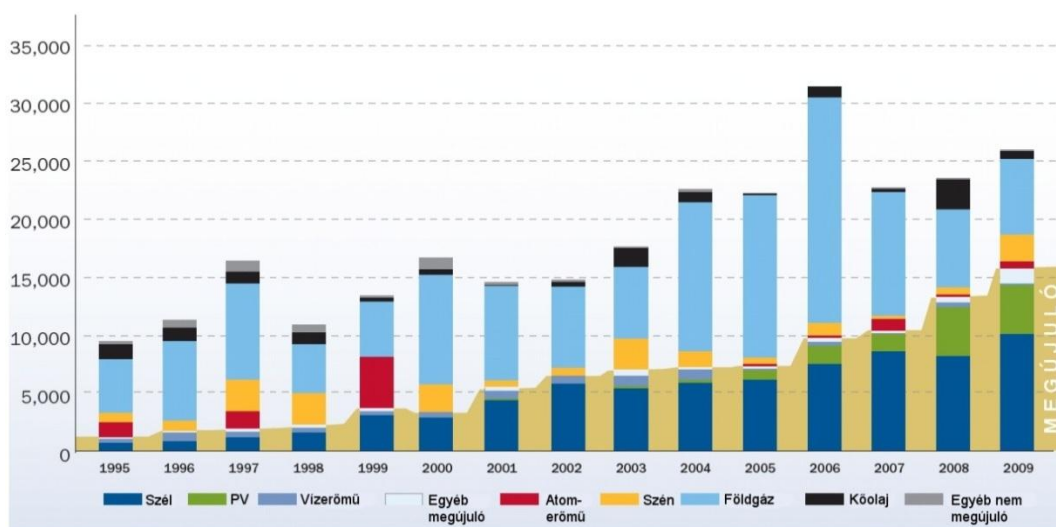
3.1. táblázat: Egyes megújuló energiaforrások alkalmazására jellemző energiamegtérülési idők (forrás: Pehnt, M. et al. 2009)

Néhány, a megújuló energiaforrásokat általában érintő közkeletű tévhitet is el kell oszlatni. Az első ilyen téves nézet, hogy a megújuló energiaforrások használata drága. Látnunk kell, hogy – bár valóban léteznek drága alkalmazások is – számos olyan megoldást ismerünk és használunk, amelyik kifejezetten olcsó (sőt, akár ingyenesen áll rendelkezésre, pl. direkt típusú passzív napenergia-hasznosítás). Ráadásul a drága technológiák is egyre inkább gazdaságossá válnak, részben a fejlesztések, a tömegtermelésre való átállás, részben a fosszilis energiaforrások árának növekedése miatt. Az externáliáknak a fogyasztói árakba történő beépítése a magasabb népsűrűségű országokban – ahol óhatatlanul nagyobb népességet érintenek például a környezet-egészségügyi hatások – akár három-négyszeres árnövekedést is eredményeznek majd (IER 1997). A fentieket végig gondolva a megújuló energiaforrások ára csak a jelenlegi torz piaci helyzet következtében tűnik drágának – a mai olcsó, környezetromboló technológiák alkalmazásának valódi költségeit majd mások, így például saját gyermekeink és unokáink fogják megfizetni.

Egy másik félrevezető megközelítés, amikor a megújuló energiaforrások alacsony energiasűrűsége alapján vonunk le különféle következtetéseket. Ebben az esetben ugyanis, sajnálatosan eltekintve az életciklus-megközelítéstől, csak egyetlen időpillanatot vizsgálunk (amikor az olaj már hordóban, a szén már az erőmű udvarán halmokban áll), és így természetesen torz, félrevezető eredményt kapunk. A nem megújuló energiahordozóknak persze valóban nagyobb az energiasűrűsége, mint általában a megújulóknak, ugyanakkor

ennek nincs is egyéb releváns információtartalma. Hiszen az efféle összevetésekkel a végső célunk nyilvánvalóan az, hogy a különféle energiaforrásokat környezetre gyakorolt hatásuk alapján hasonlítsuk össze, így segítve a fejlesztéssel, energiatervezéssel kapcsolatos döntéseket. Éppen ezért indokolt az adott erőmű teljes életciklusára vonatkozóan az egységnyi megtermelt energiára vetített területigény (és az ezzel összefüggő hatások) alapján megtenni az összehasonlítást. Így már egészen más eredményt kapunk, hiszen a nem megújuló energiaforrásokat felhasználó erőművekbe évtizedeken át hatalmas kiterjedésű, esetleg távoli bányaterületről kell beszállítani az erőforrásokat, számolni kell a feldolgozóüzemek helyigényével, sőt a törvényszerűen keletkező hulladékanyagok (meddő, salak, pernye, radioaktív hulladék) elhelyezéséhez szükséges infrastruktúra területigényét is figyelembe kell venni. Emellett az is lényeges szempont, hogy vajon mennyi energiát kellett befektetni, amíg az iménti példában szereplő olaj a hordóba, a szén a halomba került – a kitermelés energiaigényétől a feldolgozás különböző fázisain át a szállítási lépések sokaságáig. Az efféle komplex vizsgálatot végző kutatók álláspontja szerint például a területhasználát intenzitása a megújuló energiaforrások többségénél kisebb, mint az egyéb konkurens technológiák esetében (Jordaan, S. M. 2010; Fthenakis, V.–Kim, H. C., 2009). További mérlegelést igényel, hogy a szélturbinák vagy aktív napenergiás rendszerek nem feltétlenül zárnak ki más területhasználásokat, sőt egyeseket még támogatnak is (gondoljunk csak a szélturbinák között legelésző haszonállatokra vagy a napelemekre, amelyek a parkolókban további hasznot hajtva árnyékolóként, esetleg az autópálya mellett zajvédő falként is funkcionálnak).

Mindezen előnyök ismeretében vélhetően már nem csodálkozunk, amikor rátekintünk az EU-ban újonnan telepített megújuló alapú áramtermelő rendszerek kapacitásának változását ábrázoló diagramra (3.11.1. ábra). Ebből világosan kirajzolódik az a tendencia, amelynek lényege a megújulóenergia-alkalmazások gyors térnyerése. A fordulatra 2007-ben került sor, ettől kezdve már ezeket telepítették nagyobb arányban, sőt, a 2008. és 2009. évben az első helyen álló szélturbinákat a harmadik helyen már a napelemek követték (Wilkes, J. – Moccia, J. 2010). Ez azért különösen érdekes fejlemény, mert néhány éve még mindenki a „megfizethetetlen, gazdaságtalan” kategóriába sorolta ezeket a technológiákat.



3.11.1. ábra: Új beépített villamosenergia-termelő kapacitások az EU-ban 1995–2009 között (MW) (forrás: Wilkes, J.– Moccia, J., 2010)

### 3.12. A megújuló energiaforrások alkalmazási lehetőségei

#### 3.12.1. Napenergia

A megújuló energiaforrások részletes bemutatását a napenergiával kezdjük, hiszen szinte az összes többi háttérben közvetve ezt találjuk (kivéve a geotermikus és az apály-dagály változásából nyerhető energiát).

A napenergia közvetlen hasznosításának szinte megszámlálhatatlan módja létezik. Ezek között végtelenül egyszerű, filléres megoldásokat (szárítókötél, fekete hordó, naptűzhely, kollektoros aszaló, sörkollektor) és költséges, technológiaigényes alkalmazásokat (napelemek), illetve a két véglet között számtalan egyéb változatot (passzív hasznosítás, [napkollektorok](#), naperőművek) megtalálunk. Ha ezeket rendszerezni akarjuk, célszerű a hőenergia és a villamos energia előállítására alkalmas berendezéseket elkülöníteni – azzal a kiegészítéssel, hogy természetesen már ezek kombinációi is léteznek. Kapható például olyan, többrétegű, kombinált napelemes kollektor, amely – a napelemek káros túlmelegedését megelőzendő – egyfajta vízhűtésnek tekinthető megoldással vezeti el a felesleges hőt, így az áramtermelés mellett vizet melegít. Terjednek azok a kogenerációs koncentráló naperőművek, amelyek az áramtermelés első lépésében keletkező hőenergia felhasználását is lehetővé teszik. De ide tartozhat az az áramtermelési technológia is, amely a jól felmelegedő trópusi tengerek hőjét hasznosítja áramtermelésre (Ocean Thermal Energy Conversion).

A kombinációs lehetőségek kapcsán arról sem szabad megfeledkeznünk, hogy a napenergia sok esetben valamilyen más megújuló energiaforrással együtt hasznosul. Így a fűtési célt szolgáló talajkollektoros hőszivattyúk – a közvélekedéssel ellentétben – döntően nem a Föld belső, geotermikus eredetű hőjét, hanem a talaj által elraktározott napenergiát hasznosítják. Efféle kombinált megoldás a napkémény is, amelynek ugyan óriási kollektorfelülete van, de a kéményben felszálló meleg levegő már szélturbinákat hajt meg.

A fentiekkel nem összekeverendők azok a megoldások, ahol az egyes alkalmazások önmagukban is életképesek ugyan, de hibrid rendszerben alkalmazva (egy másik megújuló energiaforrással egymást nagyszerűen kiegészítve) még vonzóbb – akár 100%-os megújuló energiaforrás részarányt biztosító – alternatívát jelentenek. Ide tartoznak az egyre szélesebb körben terjedő bio-szolár rendszerek a hőenergia-termelésben (pl. [tömegkályha](#)–napkollektor–passzív napenergia hasznosítás hármas kombinációja) vagy a nap-szél hibridek a villamosenergia-termelés tekintetében.

A leggyakoribb alkalmazások a hőenergia-termelésben:

- passzív napenergia-hasznosítás;
- napkollektoros rendszerek (sík vagy vákuumcsöves);
- környezeti hőt hasznosító hőszivattyús megoldások.

A leggyakoribb alkalmazások a villamosenergia-termelésben:

- fotovillamos rendszerek;
- hőenergia alapú koncentráló naperőművek (pl. naptorony, napteknő).

#### 3.12.2. Passzív napenergia-hasznosítás

A napenergia passzív hasznosítása során nem szükségszerű gépészeti berendezések alkalmazása, hiszen ennek lényege az, hogy maga az épület alkalmas a hőenergia a) elnyelésére; b) tárolására; majd szükség esetén c) leadására. Ha a fenti három folyamat egy térben tör-

ténik, abban az esetben direkt hasznosításról beszélünk. Ennek alapvető jellemzői a letisztult, egyszerű formaterv és az, hogy nem igényel plusz költséget, csupán átgondolt tervezést. Amikor a fenti folyamatok térben elkülönítve történnek, azt indirekt hasznosításnak nevezzük. Az átgondolt tervezés ebben az esetben is kulcsfontosságú, de itt a kivitelezés kapcsán esetlegesen jelentős többletkiadásokkal is számolni lehet, hiszen ki kell alakítani az építészeti és gépészeti feltételeit annak, hogy a déli oldalon beérkező napenergia mennyiségét az egyszerű direkt hasznosításhoz képest megnöveljük, majd a hőenergiát az épület egy másik részébe (például az aljzatban kialakított járatrendszer révén egy ventilátor segítségével az épület északi felébe) juttassuk, majd ott a felhasználásig tároljuk. Nagyon lényeges már az első gondolatok között azt hangsúlyozni, hogy a passzív napenergia-hasznosítás nem csak a téli fűtési igény csökkentésére ad lehetőséget, de a nyári időszakban – különösen egy direkt rendszer – a helyiségek túlmelegedése elleni küzdelemben is jó szolgálatot tesz.

A két megoldás közös jellemzője tehát az energetikai összefüggéseket hangsúlyosan érvényesítő tervezés, amely nem csak az épületre, de az egész utcára, településrészre vonatkozik. A passzív (és aktív) napenergia-hasznosítás szempontjait tehát már a településrendezési tervek készítésekor érvényesíteni kell: meghatározó tényező az utcák tájolása és rendje, amelynek viszont a telkek kialakítására, tájolására, azon belül pedig a házhelyek kijelölésére van közvetlen hatása. Ugyanakkor a település tervezésekor a domborzati viszonyokat, a lejtőkiettséget is figyelembe kell(ene) venni. A passzív napenergia-hasznosítás céljainak a déli kiettségű lejtőn található építési telkek felelnek meg leginkább, ahol a településrendezési terv ide vonatkozó térképlapján megjelenő házhelyek keletnyugat hossz tengelyű, dél felé tekintő épületek kialakítását teszik lehetővé. Az északi lejtőkön lehetőség szerint más funkciókat – pl. közpark, sporttelep, játszótér, temető – kell támogatni.

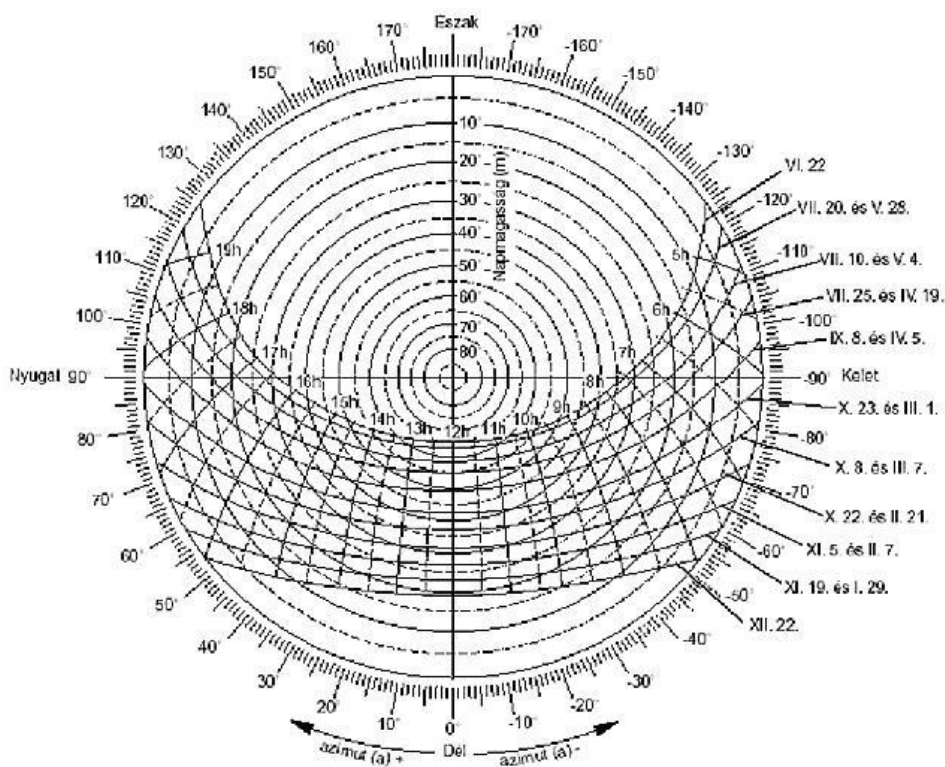
Tisztázni szükséges a passzív napenergia-hasznosítás és a passzív házak közötti különbséget. Az előbbi a napenergia hasznosításának egyik módja, az utóbbi viszont azt jelenti, hogy egy adott épületben a hőveszteségek minimalizálásával és a belső hőnyereségek maximalizálásával szinte egyáltalán nincs szükség aktív fűtésre. A vonatkozó szabvány szerint például a téli félévben a fűtési igény nem haladhatja meg éves szinten a 15 kWh/m<sup>2</sup> értéket, a nyári félévben ugyanez az érték a hűtési igényekre igaz. A szabvány természetesen egyéb tényezőkre is kitér, elvárásai végeredményben az épület hőveszteségeinek csökkentésére vonatkoznak (pl. szellőztetés illetve az aljzat, homlokzat, nyílászárók, földem hőszigetelése). Ezek továbbfejlesztésével juthatunk el azokhoz az épületekhez, az [aktív](#) (vagy pozitív energiamérlegű) [házakhoz](#), amelyek – már erőműként viselkedve – több energiát termelnek, mint amennyit elfogyasztanak.

A passzív napenergia-hasznosítás elméletének háttérében a nap járásával kapcsolatos egyszerű csillagászati földrajzi törvényszerűségek rejlenek:

- a) Elsőként egy közkeletű téveszmét kell eloszlatni: a nap nem keleten kel – legalábbis az év 363 napján nem, hiszen nyáron északabbra, télen délebbre emelkedik a horizont síkja fölé. Ugyanígy csak a tavaszi és őszi napéjegyenlőség két napjára igaz, hogy a nap nyugaton nyugszik, hiszen a napnyugta nyáron északabbra, télen délebbre tolódik el.
- b) A passzív napenergia-hasznosítás szempontjából a másik kulcsfontosságú tényező a napsugárzás beesési szöge, amely nyári napok ugyanazon órájában rendre jóval nagyobb, mint télen.

c) A harmadik alapvető elem a napi besugárzás elméleti maximális időtartama, ami a nyári félévben csaknem kétszeresen haladja meg a téli félév hasonló értékét – hiszen a nap sokkal korábban kel és később nyugszik. A különbséget növeli, hogy a téli félévben a felhőzottség és a ködös időszakok gyakrabban jelentkeznek.

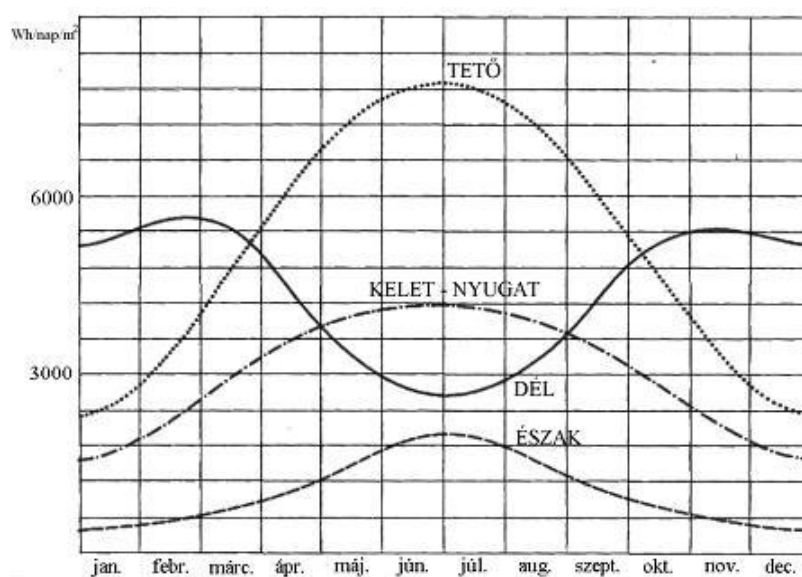
A fenti törvényszerűségek megértésében segítségünkre van a nappályadiagram (3.12.1. ábra), ami minden földrajzi szélességre megszerkeszthető, és ami szemléletesen ábrázolja mindhárom előbb bemutatott tényezőt.



3.12.1. ábra: Budapestre vonatkozó nappályadiagram (Forrás: Barótfi I., 2000)

A kép további pontosításához szükségünk van a besugárzás néhány egyéb lényeges jellemzőjére. Ezek közül az első a napállandó, amely megadja, hogy átlagos Föld–Nap távolság esetén, a légkör felső határán, a sugárzásra merőleges  $1 \text{ m}^2$ -nyi felületre mennyi teljesítmény esik, értéke  $1370 \text{ W/m}^2$ . Még lényegesebb az az energia, amely el is éri a Föld felszínét. Nyáron a déli órákban, derült égbolt esetén  $1000 \text{ W/m}^2$  teljesítménnyel számolhatunk. Télen a szórt sugárzásban ugyanez már csak  $50 \text{ W/m}^2$ , míg átlagos értéknek  $\sim 700 \text{ W/m}^2$  adódik. További lényeges tényező a napsütéses órák száma, amely hazánkban átlagosan évi 1900–2000 óra körüli, és amelynek 75%-a nyáron jelentkezik. A fentiekből következően a besugárzott energia mennyisége hazánkban egy átlagos évben  $\sim 1300$ – $1400 \text{ kWh/m}^2/\text{év}$  (Észak-Európában 1000–1200, míg Dél-Európában akár 2000–2200  $\text{kWh/m}^2/\text{év}$  is lehet). Annak tükrében, hogy sokkal kedvezőtlenebb adottságú országokban (pl. Dánia, Wales) már ma is igen komoly napenergia-alkalmazások működnek sikeresen (például 1420 háztartást –  $209\,769 \text{ m}^2$  alapterületet – ellátó napkollektoros távfűtési rendszer [Marstal, Dánia]), hazánk energiagazdálkodásában a napenergia mindenképpen komoly szerepet játszhatna.

A passzív napenergia-hasznosítás szempontjából kulcsfontosságú, hogy a téli időszakban a lehető legtöbb, míg a nyári időszakban a lehető legkevesebb energia érkezen be az épületbe. Ahhoz, hogy ezt elérjük, az üvegfelületeket az épület déli oldalára kell tervezni, az épület többi oldalán a lehető legkevesebb ilyen szabad csak elhelyezni. A nappályadiagramról leolvasható, hogy télen a nap meglehetősen későn és délkeleten kel. Alacsony delelést követően korán nyugszik délnyugaton – vagyis az energia mintegy felét az épület déli oldala kapja. Az itt elhelyezett ablakokon a nap alacsony járásának eredményeként egészen mélyen behatol a napsugárzás a ház belsejébe, csak arról kell gondoskodni, hogy ezt egy hőtároló tömeg segítségével elraktározzuk. A besugárzást némileg fokozni is lehet az épület déli oldalán kialakított reflexiók tő segítségével. Az épület többi oldala olyan minimális energiamennyiséget kap és olyan rövid ideig, hogy az itt elhelyezett ablakokon az energiamérleget tekintve jelentős veszteség keletkezik. Nyáron viszont a nap nagyon korán kel, 6 órakor érkezik keletre, és egészen délig ez az oldal meglehetősen sok napsugárzást kap. Körülbelül ugyanennyi besugárzás érkezik déltől egészen napnyugtáig a nyugati oldalra. A fentiek miatt az itt található ablakfelületek hozzájárulnak az ezekhez tartozó helyiségek túlmelegedéséhez. A délies irányból érkező energia viszont – a tetőkinyúlás árnyékoló hatása miatt – nem a déli oldalt, hanem a nagy beesési szögnek köszönhetően a tetőt éri. Meglepő, de a déli oldalon elhelyezett ablakokon így alig több napsugárzás érkezik az épületbe, mint az északi oldal esetében (3.12.2. ábra).



3.12.2. ábra: Az épület egyes felületeire beérkező napenergia mennyiségének változása az év folyamán Magyarországon (Wh/nap/m<sup>2</sup>).  
(Forrás: Bengtson, H., 2010)

A fentiek alapján leszögezhetjük, hogy kulcsfontosságú a tájolás: az épület hossz tengelye kelet–nyugati irányú legyen, az ablakoknak döntően dél felé kell nézniük. Méretezésük tekintetében ésszerű kompromisszumra kell törekedni, hiszen a déli oldalra sem érdemes túlméretezett ablakokat tervezni, mert a téli időszakban a hőveszteség ezeken keresztül is érvényesül – tekintve, hogy ilyenkor akár heteken keresztül sem számíthatunk direkt besugárzásra. A speciális és drága hőszigetelő üvegezés helyett célszerű az ablakfelületeket



hőszigetelő elemekkel (pl. spaletta hőszigetelő betéttel) tovább védeni, amelyek rögzítése, elhelyezése ugyancsak felületet igényel (ráadásul azt is figyelembe kell venni, hogy ezek ne nyíljanak egymásra). A passzív napenergia-hasznosításban járatos építész a fenti korlátozó tényezők ellenére képes a helyiségek megfelelő elrendezésével jól használható, világos és esztétikus épületet alkotni. A jól felmelegedő déli oldalra az olyan fontosabb helyiségek kerülnek, mint a nappali, a konyha, a gyerekszoba. Az északi oldalon az úgynevezett pufferzóna található (lépcsőház, garázs, gardrób), amelynek nincs fűtése, így 12–15 °C-os hőmérsékletével átmenetet, egyfajta védelmet jelent az értékesebb, déli tájolású helyiségek számára. A hővédelem szempontjából lényeges az egyszerű formavilág, az épület felületének minimalizálása. Ebben a tekintetben a félgömb alakú épület volna ideális, de ennek kialakítására nem könnyű felkészült mesterembereket találni.

A következő lényeges tényező a hőtároló tömeg, amelynek segítségével az épület képes néhány órán vagy akár néhány napon keresztül a hőenergiával gazdálkodni. Ugyancsak fontos – mint minden más épület esetében is – a megfelelő hőszigetelés. A nyári időszakban igen lényeges még az árnyékolás. Mint láttuk, ebben alapvető szerepe van a tetőnek, amelynek a déli oldalon legalább 60-80 cm-rel kell a homlokzat síkjához képest továbbnyúlnia. Az árnyékolásban segítenek a nyílászárókon elhelyezett „társított berendezések” ([spaletta](#), [zsalugáter](#), [zsalúzia](#)), de a kert fái is. A lombhullató fákat az épület délkeleti és délnyugati oldalán kell elültetni, hogy nyáron árnyékoljanak, télen viszont – a lombzat hiányában – ne akadályozzák a besugárzást.

### 3.12.3. Napkollektoros rendszerek

A fejezetcímben említett eszközök már az aktív napenergia-hasznosítás tárgykörébe tartoznak, hiszen ebben az esetben egy speciális eszköz, a napkollektor segítségével ejtjük csapdába a napsugárzást és alakítjuk hőenergiává. Ez az eszköz alapesetben egy jól szigetelt lapos doboz, amelynek egyik oldala üvegezett, benne matt fekete, szelektív bevonattal festett elnyelőlemez található. A közvetítő közeg szempontjából beszélhetünk levegős vagy folyadékos kollektorokról. Az előbbi esetben a berendezés tulajdonképpen a szoba levegőjét melegíti, és egy ventilátor segítségével akár 40°C-kal melegebben juttatja vissza a helyiségbe. A berendezés akár házilagosan is kivitelezhető, ebben az esetben alumínium italdobozok felhasználásával alakítják ki a hőelnyelésre szolgáló felületet (lásd sörkollektor). A levegős kollektorok kiemelt fontosságúak lehetnének a rosszul, így például észak felé tájolt (dél felé ablaktalan) épületek napenergiával való fűtésében – leginkább őszi és tavaszi fűtési-résztétel formájában.

A folyadékos kollektor feladata alapesetben a használati meleg víz (HMV) előállítására. A kollektor két alaptípusban kapható, a klasszikus – rézcsövek felhasználásával akár házilagosan is megépíthető – változat a síkkollektor, amely sok tekintetben hasonlít a levegős kollektorokhoz, azonban nem levegőt, hanem folyadékot melegít. A modernebb, a téli időszakban nagyobb hatásfokkal dolgozó változat a vákuumcsöves kollektor, amelyben egy alacsony forráspontú folyadékot forralunk fel és ez adja át a hőenergiát a hőhordozó folyadéknak. A mi éghajlatunkon a hideg tél miatt alapesetben fagyálló tulajdonságú hőhordozóra van szükség (kivéve az ún. [drain-back rendszereket](#)), ezt melegíti a napsugárzás. Egy második lépésben, hőcserélővel hozzuk létre a használati meleg vizet, amit 150–300 literes szolárbojlerben tárolunk – ezzel akár egy 2-3 napig tartó borult időszakra elegendő HMV-t lehet tartalékolni. A szolárbojlerbe több hőcserélőt (vagy elektromos fűtőpatront) építenek bele, így – egy másik energiahordozó, például biomassza felhasználásával – elhúzódo rossz idő esetén is megoldható a vízmelegítés. Melegebb klímájú területeken lehetőség van

olyan berendezések üzemeltetésére is, amelyekben nincs szükség fagyálló tulajdonságú folyadékokra, ezért ott a sík kollektorok közvetlenül a használati célra szánt vizet melegítetik, így az egész rendszer lényegesen egyszerűbb lehet, teljes mértékben nélkülözheti a nálunk szükséges elektronikus vezérlést és keringetést. A világon értékesített napkollektoros rendszerek ~90%-a ilyen egyszerűbb felépítésű, egykörös változat.

A teljesség kedvéért jelezni szükséges, hogy létezik egy harmadik, kevésbé elterjedt változata is a napkollektoroknak, amely a napsugarakat napkövető rendszerű parabolatükör segítségével, fókuszálva állítja elő a szükséges meleg vizet.

Hazánkban – ha az igényeinket a lehetőségekhez igazítjuk – a napkollektoros rendszer akár március közepétől november közepéig képes teljes mértékben ellátni bennünket napmelegítette vízzel. A kollektorok hatásfoka meglehetősen magas, ideális körülmények között megközelítheti a 60%-os értéket. Így az átlagos méretű és igényű családok számára egy 4–6 m<sup>2</sup> kollektorfelületből (0,6–0,8 kW/m<sup>2</sup> teljesítménnyel) és egy 200 literes bojlerből, valamint a szükséges segédberendezésekből (vezérlés, szivattyú, érzékelők stb.) összeállított berendezés elegendő méretű.

Más a helyzet, ha fűtésre is használjuk a folyadékos kollektorokat, ebben az esetben jóval nagyobb felületre van szükségünk. Azonban két problémával kell számolnunk: a hőenergia nagy mennyiségben történő és hosszú távú tárolásának kihívásával (tekintve, hogy télen akár hetekig csak gyenge, szórt fény áll rendelkezésre) és azzal, hogy nyáron viszont olyan mennyiségben keletkezik meleg víz, hogy annak felhasználása már komoly fejtörést okoz – hacsak nincsen egy nagy úszómedencénk, aminek a vizét a felesleggel temperálhatjuk. Egy másik, lényegesen ügyesebb megoldás, ha a kollektorokkal a talajt melegítjük, majd a hőt (akár hónapokkal később) talajkollektoros hőszivattyú segítségével használjuk fel.

A napkollektorok ára az elmúlt évtizedben lényegében stagnált, aminek magyarázatául szolgálhat a kiérlelt műszaki tartalom és az igen komoly kereslet. Az utóbbi jelenség különösen Kínában figyelemre méltó, hiszen az ott működő 80 329,7 MW összteljesítményű vákuumkollektor-kapacitás döntő részét a legutóbbi 3 évben helyezték üzembe. További érdekes adalék, hogy a világ teljes vákuumkollektor-kapacitása 82 335,9 MW, vagyis ennek 97,6%-a Kínában termeli a használati meleg vizet.

#### 3.12.4. Környezeti hő hasznosító hőszivattyús megoldások

A hőszivattyúk működésük során döntő részben (99%-ban) a talajban elraktározott napenergiát, kisebb részben a geotermikus eredetű hőáramot (70–90 mW/m<sup>2</sup>) hasznosítják. A hőenergia összegyűjtésére többféle megoldást dolgoztak ki a talaj és az alapkőzet, valamint a közelben esetlegesen található víztestek adottságainak függvényében:

- talajszonda, fűrésszel akár 100-200 méteres mélységig;
- talajkollektor, a talajban 1,5-2 méteres mélységben elhelyezve (a fűtendő alapterület kb. 2-3-szorosát kitevő felületen);
- alkalmas víztest esetében hőcserélőkkel vagy közvetlenül történő hőkinyeréssel;
- ha egyikre sincsen lehetőség, akkor alkalmazható a „levegőkazán”, amely esetben leginkább a zajhatás jelent korlátozó tényezőt. Esetükben a legnagyobb kihívás a 0 °C-nál alacsonyabb hőmérsékletű levegőből kinyerni a hőt, de az elmúlt években már erre is születnek gazdaságosan üzemeltethető, ám jóval drágábban beszerezhető berendezések.

Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796–1832) francia fizikus és matematikus 1824-ben írta le a később róla elnevezett ideális termodinamikai körfolyamatot, amely a hőszivattyúk működésének alapját jelenti. Maga a berendezés a hűtőszekrényéhez hasonló, azzal a különbséggel, hogy míg a hűtőszekrény esetében a belső teret hűtjük és a hőenergiát a külső térbe juttatjuk a gép hátsó részén elhelyezett hűtőpanel segítségével, addig a hőszivattyú esetében éppen fordítva tesszük: a külső térből származó hőt igyekszünk a belső térben felhasználni. Ahhoz, hogy a rendszer folyamatosan akár 60-65 °C-os hőmérsékletű vizet tudjon biztosítani, igen nagy mennyiségű vízből vagy levegőből kell hőenergiát elvonni, amelyhez nagy teljesítményű szivattyúk és kompresszorok szükségesek, így a rendszer jelentős mennyiségű villamos energiát használ fel. Az elfogyasztott villamos energia és a keletkező hőenergia arányát a rendszer „jóságfokaként” (COP = Coefficient of Performance) határozzák meg, amely a gyakorlatban 3-4, szerencsés esetben és a legkorszerűbb technológiát alkalmazva elérheti az 5-ös értéket, ami azt jelenti, hogy 1 egységnyi igen értékes villamos energia felhasználásával 3, 4 vagy 5 egységnyi kevésbé értékes hőenergiát képes termelni. Még kedvezőbb – és energetikailag lényegesen előremutatóbb – megoldás, ha a hőt valamilyen ipari vagy háztartási folyamatból származó „hulladék” hőenergiából nyerjük.

A hőszivattyú tehát egy megújuló energiát is hasznosító eszköz, amely mindig egy nagyobb fűtési és használati meleg vizet termelő rendszer része, amelynek más elemei is vannak: így a vezérlés, a puffertartály, a szivattyúk. Az épület átgondolatlan tervezése, rossz tájolása esetén fellépő túlmelegedés kapcsán lényeges szempont lehet, hogy a hőszivattyú segítségével az épület hűtése is megoldható.

### 3.12.5. Fotovillamos rendszerek

Ez a napenergia-alkalmazások leggyorsabban fejlődő, legváltozatosabb és a látványos építészeti megoldásoknak (Building Integrated Photovoltaic) köszönhetően az egyik leginkább dekoratív változata. A napelemek működésének alapelvét – a fotovillamos effektust – Becquerel, francia fizikus már 1839-ben felfedezte, azonban az első, valóban használható, már elfogadható hatékonysággal villamos energiát termelő berendezéseket az 1950-es években alkották meg. A napelemeket eleinte a magas költségek miatt szinte kizárólag az űrkutatásban alkalmazták (a mindentől távoli, ám a földinél kedvezőbb besugárzásnak kitett űrállomások energiaellátására), majd az 1970-es évektől egyre szélesebb körű polgári alkalmazásai is elterjedtek. A háztartási léptékű áramtermelésre kezdetben csak a villamos hálózattól messze eső területeken használták, de az elmúlt évtizedekben a gyártási költségek radikális csökkenésével (és a fosszilis energiából származó energia árának növekedésével) lényegében mindenhol versenyképes megoldássá váltak.

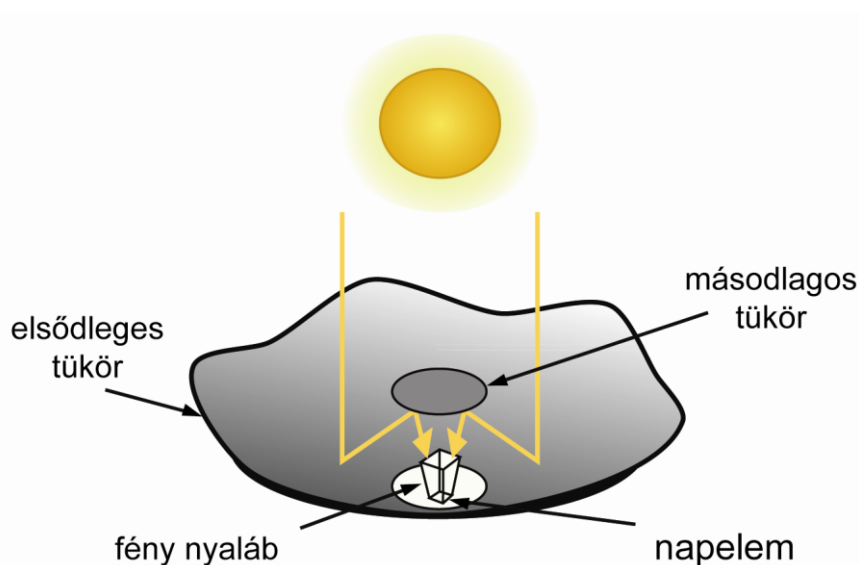
A napelemek alapanyaga ma már igen sokféle lehet:

- a leghatékonyabb (15-20%) megoldás a szilícium monokristály alapanyagú;
- ennél olcsóbb, de kevésbé hatékony (10-13%) a szilícium polikristály alapanyagú;
- a legolcsóbbak, de hatékonyságukban (és némely esetben élettartamukban) sem veszik fel az előzőekkel a versenyt a vékonyréteg-napelemek, amelyek alapanyaga sokféle lehet, így például amorf szilícium, kadmium-tellurid, réz-indium, de már léteznek szerves alapú, ún. organikus napelemek is. Ezek kétfajta értelemben jelenthetnek előrelépést: a) a gyártásukhoz szükséges alapanyagok nagyobb mennyiségben állnak rendelkezésre; b) kevésbé ideális tájolás esetén egyes vékonyréteg-napelemek relatíve jobban teljesítenek, mint a drágább berendezések.

Az alacsonyabb hatásfok ellensúlyozására többféle megoldás is kínálkozik. A napkövetés révén a napelemek mindig optimális, 90°-os szögben állnak a napsugarakra, amellyel

15–50%-kal növelhető a megtermelt árammennyiség. Ezt az eredményt rontja le a napkövetés energiaigénye, a gépészet magas kivitelezési költsége és a mozgó alkatrészekből következő jóval nagyobb karbantartási költség. A közeli jövőben a napelemek árának csökkenése vélhetően a napkövető megoldások háttérbe szorulását eredményezi, hiszen olcsóbb lesz plusz napelemeket felszerelni, mint a többletkiadásokat finanszírozni. A másik megoldás a napsugarak fókuszálása (Concentrated Photovoltaic), amely akár 100%-os teljesítménynövekedést is eredményezhet. Ennek további előnye, hogy működéséhez a hagyományos megoldáshoz képest jóval kevesebb fotovillamos tulajdonságú felületre van szükség (3.12.3. ábra).

A fejlesztés másik fő iránya a hatásfok növelése, amely a többrétegű napelemek bevezetésével valósult meg, ezekkel akár 30% fölötti hatásfokot is elérhetünk.



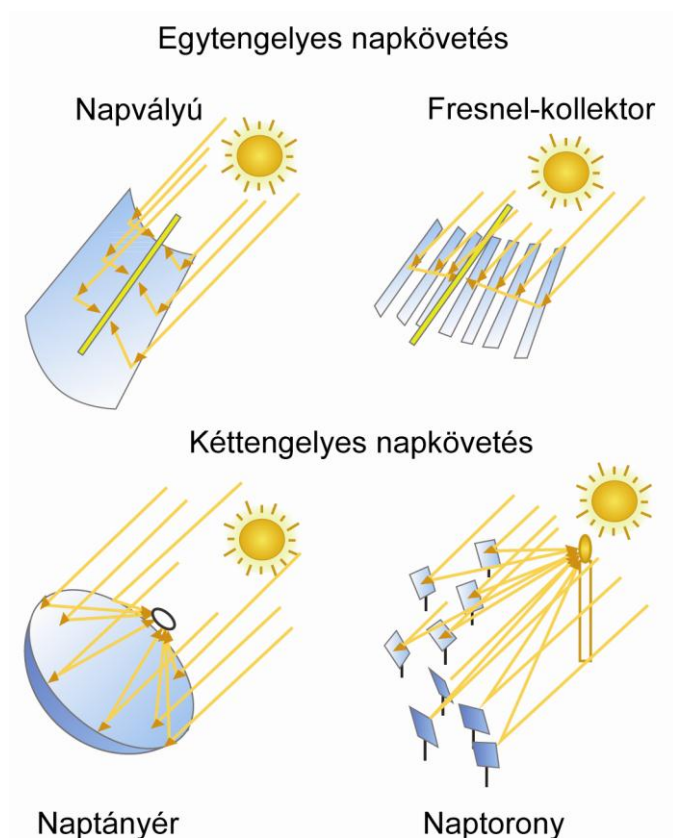
3.12.3. ábra: A koncentráló napelemek alapegysége  
Forrás: Martin, Ch. 2010)

A napelemek kétféle rendszerben dolgozhatnak. Szigetüzemben a villamos energiát akkumulátorokban tároljuk, hogy később saját célra használjuk fel – itt a méretek az egészen kicsitől (karóra, zsebszámológép) a nagy teljesítményű rendszerig (lakóépület áramellátása) terjednek. Hálózatra kapcsolva a keletkező egyenáramot egy [inverter](#) segítségével váltóárammá alakítjuk és az országos (vagy a jövőben a mikro-) hálózatra tápláljuk. Az áramszolgáltatónak csak az ezen mennyiség fölött, pluszban vételezett energia árát fizetjük ki, illetve ha többet termelünk, a felesleget a szolgáltató számára eladhatjuk. Napjainkban – a néhány országban bevezetett garantált és magas összegű áramvásárlási díjaknak köszönhetően – egyértelműen a hálózatra kapcsolt megoldás dominanciája figyelhető meg.

Látványos jelenség a beruházási költségek drasztikus csökkenése, amely ugyan évtizedek óta megfigyelhető, de az utóbbi 2-3 esztendőben egészen kivételes mértékű volt, hiszen a napelemes rendszerek ára ebben a rövid időszakban lényegében a felére csökkent.

### 3.12.6. Hőenergia-alapú – termovillamos – naperőművek

A villamos energia előállítása nemcsak napelemekkel, hanem hőenergia-alapú megoldásokkal is történhet. Ezen megoldások kiindulási pontja, hogy a napsugárzást fókuszálva több száz °C-os hőmérsékletet állítanak elő. Második lépésben a hagyományos módon folyadékot forralnak, majd egy turbina segítségével elektromos áramot termelnek (pl. napternyő, napvályú, Fresnel-kollektor). Egy másik lehetőség, ha az ún. [Stirling-motor](#) segítségével alakítják a hőt villamos árammá (pl. napternyő vagy más néven parabolatükör). A rendszereket az alapján is csoportosíthatjuk, hogy a napkövetés hány tengely segítségével történik – két tengely esetében teljes napkövetés valósul meg (parabolatükör, napternyő), egy tengely esetében csak részleges (napvályú, Fresnel-kollektor). Az egységnyi területre jutó teljesítmény szempontjából a sík tükrökből épített Fresnel-kollektoros megoldás tűnik a leginkább hatékonynak, hiszen eléri a fotovillamos rendszerek mutatóját, míg a napvályú ennek kétharmadát, a napternyő és a Stirling-motoros parabolatükör ennek felét biztosítja (MacKay, D., 2009) (3.12.4. ábra).



3.12.4. ábra: Termovillamos naperőművek vázlatos áttekintése  
(Forrás: WEC 2007. alapján)

Egészen más elven működik a napkémény, amely hatalmas – az 1980-as években megvalósult mintaberendezés esetében 240 méter átmérőjű – üvegezett kollektorfelületet igényel. Az ez alatt felmelegedő levegő felszáll és meghajtja a kollektorfelület közepén található kéményben elhelyezett, függőleges tengelyű szélturbiná(ka)t. Az eddigi gyakorlat alapján ez a módszer bányik legkevésbé takarékosan a hellyel, hiszen a napelemes rendszerekkel összehasonlítva tízszeres-húszszoros helyigénnyel bír (MacKay, D., 2009).

### 3.12.7. Szél

A szél energetikai hasznosítása meglehetősen széles körű. Ha jól belegondolunk, sokféle megoldás tartozik ide, a kültéri ruhaszárítástól kezdve a vitorlás hajók, a szélkerekes vízszivattyúk és malmok alkalmazásán át egészen a villamos áramot előállító szélturbinákig. Az áramtermelésre szolgáló első berendezést Charles F. Brush építtette 1887–88 között az Amerikai Egyesült Államokban. A 12 kW-os berendezés [rotorátmérője](#) 17 m, a rotorok száma 144 volt. A napjainkban használatos szélturbinák teljesítménye 2–4000 kW, rotorátmérőjük meghaladhatja a 100 métert, míg a rotorok száma kettő-háromra csökkent. A turbinák méretnövekedésének hajtóereje egyfelől az egyre nagyobb névleges teljesítmény elérése, másfelől a hatékonyság fokozásának igénye. A felszíntől számított magasság növekedésével egyre csökken a felszín érdességének (a tereptárgyak sokaságának) szélességet csökkentő hatása, így egyre nagyobb szélességek alakulnak ki, ami növeli a hatásfokot. A tengerekbe telepített szélturbinák esetében nem kell számolni az érdesség hatásával, így jellemzően a nagy sebességű légáramlatok dominálnak, melyeknek köszönhetően a berendezések hatásfoka meghaladja a 40%-ot (szemben a szárazföldi telepítések 20-25%-os átlagos hatásfokával).

A természeti értékek védelme megköveteli, hogy a szélerőműveket csak olyan területeken alkalmazzuk, ahol nem veszélyeztetik a madárvilágot és nem rondítanak el jelentős tájképi értékeket, nem tesznek tönkre jó minőségű termőterületeket. Ugyanakkor szélerőművek, szélfarmok a tájrehabilitáció részeként is épülhetnek. Az ember néhol hatalmas átalakításokat végzett a természetben, a legdrasztikusabb ilyen beavatkozások a külszíni bányák térségei, ahol gyakran több km<sup>2</sup> területű tájsebek alakultak ki, melyek kezelése komoly feladat elé állítja a tájtervezéssel foglalkozó szakembereket. Európa egyik jellegzetes bányaövezete a németországi Alsó-Lausitz, ahol az évtizedek során megyényi területet alakítottak át a bányászati tevékenység révén. Az utóbbi időben azonban a bányák jelentős része bezárt, és hasznosításuk kapcsán a mezőgazdasági, erdőgazdasági és rekreációs célú rekultiváció mellett új elemként már megjelentek a nagy területigényű szélfarmok is.

A telepítésnél lényeges szempont a zajhatás és a rotorok okozta zavaró villódzás jelenségének minimalizálása, de természetesen figyelembe kell venni a villamos hálózatra való csatlakozás lehetőségét is. A fentiek és számos egyéb, jogszabályokban is megjelenő szempont figyelembevételével hazánk területének alig 3–5%-a (~3–5000 km<sup>2</sup>) alkalmas szélerőművek elhelyezésére, ám mivel négyzetkilométerenként legfeljebb 8-10 MW teljesítményt lehet telepíteni, ez még mindig igen jelentős, 24 000–50 000 MW névleges teljesítmény (mint technikai szélenergia-potenciál) létrehozására kínál elméleti lehetőséget (Munkácsy B., 2010). A nemzetközi összehasonlításban vezető területek (pl. Németország keleti részén 10 825 MW-nyi telepített szélturbina 1990. 01. 01-jétől 2010. 06. 30-ig [Ender, C., 2010]) már megvalósult projektjeinek adataival összevetve hazánkban kb. 6500 MW ± 30% teljesítményt lehetne telepíteni az elkövetkező 10 évben (társadalmi-gazdasági potenciál), amivel nagyságrendileg 40 PJ/év villamosenergia-előállítása volna lehetséges. A villamos hálózatba való integrálás persze bizonyosan nem egyszerű, ám az ennek kapcsán felmerülő túlzó hazai aggályok nem indokoltak. Látni kell, hogy például Németország keleti felében, Dánia nyugati szigetein a szélerőművek már ma is sok esetben több villamos áramot termelnek, mint amennyi a terület teljes áramfogyasztása (!), a rendszerirányítás mégis képes kezelni a helyzetet. A különbség nem magyarázható pusztán a kedvezőbb szélviszonyokkal, különösen, hogy Németországban nem a tengerparti tartományokban telepítették a szélerőműparkok döntő hányadát. Az eltérések többek között a szakemberképzésben, az elektromos áramot érintő import-export tevékenységben és a decentralizáltság fokában keresendők.

### 3.12.8. Biomassza

A hőenergia termelésében hosszú évszázadokon át a biomassza felhasználása volt egyed-uralkodó. Még mindig meghatározó szerepet játszik a Föld egyes szegény térségeiben, ugyanakkor a gazdag országokban is egyre nagyobb jelentőségre tesz szert – hála a nagy hatékonyságú és tiszta égést biztosító faelgázosításnak, a kényelmes [pellet](#)- és aprítéküzelésnek, valamint a biogázhasználatnak és bioüzemanyagok terjedésének. A fentiekből következően a biomassza energetikai hasznosítása kapcsán az igen sokszínű felhasználási lehetőségekre kell asszociálnunk: ez a megújuló energiaforrás az energetika minden területén (hő- és villamosenergia, valamint közlekedési energiafelhasználás) rendelkezésünkre áll. Egy másik kulcsfontosságú általános jellemzője, hogy időjárástól függetlenül hozzáférhető, hiszen tulajdonképpen a napenergia elraktározott formájáról van szó. Ennek a tulajdonságnak a jövőben lesz igen nagy jelentősége, amikor a különféle időjárásfüggő megoldások (naperőművek, szélenergiatermelők) villamos hálózatba illesztése – a remélhetőleg hatalmas kapacitás miatt – a jelenleginél komolyabb rendszerirányítási kihívást jelent majd.

A biomasszát felhasználó különféle alkalmazások egyelőre nem minden esetben tesznek eleget a fenntarthatóság követelményeinek. A leginkább aggasztó jelenség az újratermelés mértékénél nagyobb ütemű felhasználás – ami részben a felhasználás alacsony hatékonyságára, részben a pazarló fogyasztói szokásokra és a túlnépesedésre vezethető vissza. Ezzel összefüggésben azt is látnunk kell, hogy a biomassza nagy tömegű kivonása egy adott élőhelyről komoly zavarokat okozhat a természetes anyag- és energiaforgalomban. A talajerő utánpótlása miatt ezért gondoskodni kell egy adott mennyiségű biomasszatömeg helyben (erdőn, mezőn) tartásáról. Lényeges szempont tehát a mértékletesség – az olyan durva beavatkozások, mint a nagy kiterjedésű erdőirtások, az élőhelyek és a talaj védelme szempontjából sem jelentenek elfogadható megoldást, ugyanakkor hozzájárulnak a pusztító erejű árvizek kialakulásához is.

Ugyancsak a fenntarthatóság szempontjából lényeges kérdés a biomassza szállításának és feldolgozásának energiaigénye és környezetterhelése. Ezeket figyelembe véve nem fogadható el napjaink azon gyakorlata, amelynek során távoli kontinensekről származó biomasszát égetünk el, például bioüzemanyag formájában. Tovább rontja a képet, ha ezt a bioüzemanyagot nagy biodiverzitású élőhelyek elpusztítása árán állítják elő. Az energetikai ültetvényekre jellemző monokultúrás művelés helyett extenzív módszerekre van szükség, hogy minimalizálni lehessen a természet energiagigényét, és elkerülhető legyen az intenzív vegyszerfelhasználás.

A biomassza-felhasználás megítélése a kimeneti oldal szempontjából is vizsgálendő. Ennek kapcsán igen lényeges a minél nagyobb hatékonyságú és minél tisztább égés biztosítása, amelyre ma már léteznek elérhető technológiák. Sajnos hazánkban a fatüzelésű erőművek a felhasznált fatömegnek kevesebb, mint 30%-át hasznosítják, ami nyilvánvalóan elfogadhatatlan (a maradék 70%-nyi fa energiatartalma a kéményen és a hűtőrendszeren keresztül kerül a környezetbe). A lakosság sincsen tisztában a fatüzeléssel kapcsolatos alapvető ismeretekkel, így például általános probléma, hogy nem kellően száraz fával tüzelünk, ami szintén a hatékonyság drasztikus romlását, vagyis végeredményben erdeink felesleges pusztítását eredményezi.

A biomassza hasznosítása akkor tekinthető valóban fenntarthatónak, ha nem energetikai ültetvényről származó energiahordozóra, hanem szerves hulladékokra épül. Erre példa a biogáztermelés, vagy a [tartamos erdőgazdálkodás](#) során keletkező tűzifa energetikai hasz-

nosítása. Ez utóbbi a kitermelt fatömegnek általában 35-40 térfogat%-át teszi ki, miközben 40-45% ipari választékkal és 20%-nyi helyben maradó apadékkal (pl. vékony gally, kéreg) is számolhatunk. De ne feledjük, hogy az erdőnek a faanyag biztosításán kívül számtalan egyéb, akár ennél is lényegesebb funkciója van: éghajlatot és mikroklímát befolyásoló szerep; felszíni lefolyást kiegyenlítő szerep; biogeokémiai anyagforgalmat biztosító szerep; élőhelyfunkció; lebegő por és egyéb szennyeződések megkötése; rekreáció stb.

A biomassza energetikai felhasználása kapcsán másféle csoportosításra is lehetőség nyílik:

- Elsődleges biomassza: természetes vegetáció, szántóföldi növények, erdő, rét, legelő, kertészeti növények, vízben élő növények.
- Másodlagos biomassza: állatvilág, gazdasági haszonállatok, az állattenyésztés fő termékei, melléktermékei, hulladékai.
- Harmadlagos biomassza: biológiai eredetű anyagokat felhasználó ipari tevékenységek termékei, melléktermékei, hulladékai, emberi települések szerves eredetű hulladékai.

A napenergia biomassza formájában történő tárolásában kulcsszerepet töltenek be a szerves anyagokat létrehozó növények. Azonban a növények a beérkező energiának csak töredékét képesek megkötni. Alig 1-2%-os hatékonysággal dolgoznak az algák és a trópusi eredetű C4-es növények (ezek a dikarbonsav-ciklusban kötik meg a szén-dioxidot, mint például a kukorica, cukornád). A mérsékelt égővi C3-as növények (Calvin-ciklus segítségével kötik meg a szén-dioxidot, például a gabonafélék) csupán 0,1–1% hatásfokkal alakítják át a napenergiát. A hatékonyabb fotoszintézis miatt a C4-es növények napi tömeggyarapodása jóval nagyobb, ami nagy termés hozamok elérését teszi lehetővé, így ezek az energetikai hasznosításban is komolyabb szerephez juthatnak (Bai A. et al., 2002).

### 3.12.9. Szilárd biomassza felhasználása

A háztartási léptékű felhasználás lényegében a fűtési és HMV-termelési célú alkalmazásokra terjed ki. Ma már ezen a téren is a különféle eszközök óriási tárháza áll rendelkezésre. Alapvetően három megoldás kínálkozik: az egyedi fűtőberendezések, amelyek „no-tech” lehetőséget kínálnak egy-két szoba fűtésére (pl. cserépkályha, tömegkályha), a központi fűtési megoldások, amelyek lényegesen bonyolultabbak, de egy osztott alaprajzú lakást is képesek kifűteni ([faelgázosító kazánok](#), pelletkazánok, szalmabálás kazán), illetve ezek kombinációja (vízteres kandallók, cserépkályhák vagy a legújabb hazai fejlesztésű hőcserélős [tömegkazánok](#)). A kihívást a fatüzelés esetében a hatékony és tiszta égés megvalósítása jelenti, amely csak másodlagos levegő adagolásával és teljesen száraz, 20% alatti nedvességtartalmú tüzelőanyag felhasználásával érhető el. Ezekre figyelemmel a hőenergia hasznosításának hatásfoka könnyen elérheti a 85-90%-ot. Alapvető feladat a hirtelen felszabaduló nagy mennyiségű hőenergia tárolásának megoldása, amelyre jó esetben maga a nagy tömegű kályhatest képes (tömegkályha, tömegkazán), ennek hiányában 1-2 köbméteres folyadékos puffertárolók rendszerbe integrálásáról kell gondoskodni (pl. faelgázosító kazánok). Alternatív megoldást jelentenek a pelletes fűtőberendezések, ahol a tüzelőanyag pontos adagolása révén van mód a keletkező hő mennyiségének precíz szabályozására. A pellet alkalmazása azonban felhívja a figyelmet korunk egy jellemző „betegségére”. Az eredendően hulladék fűrészporból, kisüzemi körülmények között gyártott tüzelőanyagra napjainkban már olyan hatalmas az igény, hogy azt a régi módon már nem tudják kielégíteni. Ráadásul az eredetileg kis léptékű, lokális termelés sem összeegyeztethető globalizált világunk centralizálásra törekvő, mennyiségorientált szemléletmódjával. A



mennyiségi igények fedezését ezért napjainkban hatalmas szálfák ledarálásával, rengeteg energia felhasználásával oldja meg az ipar – ez azonban, érthető okokból, már nem tekintendő fenntartható megoldásnak.

A szilárd biomassza ipari léptékű felhasználása kapcsán hazánkban a 2003–2008 közötti 6 esztendő hozott radikális változást, hiszen ekkor több mint 20-szorosára, 1100 TJ-ról 24 000 TJ-ra (!) nőtt a tűzifára alapozott éves villamosáram-energiatermelés. Ennek hátterében az áll, hogy az Európai Unióhoz való csatlakozás két irányból is hatott egyes nagyerőműveink biomassza-tüzelésre való – legalább részbeni – átállítására. Egyfelől az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése, illetve ehhez kötődően a megújuló energiaforrások részarányának növelése kapcsán megfogalmazott elvárások, másfelől az erőművi kénkibocsátásokkal kapcsolatos szigorú emissziós korlátok bevezetése hatott a változások irányába. Az első hullámban, 2001–2003 között néhány nagyerőművi blokk átállításával a tűzifapiacra közel 1 millió tonna/év keresletnövekmény jelentkezett. Ezt tetézte az ismét növekedésnek indult lakossági kereslet, illetve az a tény, hogy egy újabb hullámban további fatüzelésű erőművi blokkokat és fűtőműveket helyeztek üzembe, így mára odáig jutottunk, hogy a felhasználás mértéke (az időközben aggasztó mértéket öltő illegális fakitermelést is beleértve) tulajdonképpen elérte a **tartamos erdőgazdálkodással** kitermelhető mennyiséget. A megoldás nyilvánvaló: egyfelől növelni szükséges az erdővel borított területeket (miközben ezzel egy időben lépéseket kell tenni a tulajdon védelmére is). Másfelől a centralizáltan és ezért alacsony hatékonysággal termelő nagyerőművek működését drasztikusan vissza kell szorítani, helyettük a kisléptékű, lokális, kogenerációs energiatermelésre kell törekedni – számításaink szerint önmagában ezzel a megoldással évente 1 millió tonna fát és értékes élőhelyek sokaságát óvhatnánk meg a pusztítástól.

#### *3.12.10. A folyékony biomassza-származékok felhasználása*

A folyékony biomassza-származékok alapanyaga alapesetben nagyüzemi növénytermesztésből származó biomassza, pontosabban annak csak egy része, általában a termése, magja. Közismert felhasználási területük a közlekedés. A leginkább Európában elterjedt biodízel magas olajtartalmú növények (olajpálma, szója, repce) magjából sajtolt, majd általában tovább feldolgozott, adalékolt termék. A főleg Brazíliában és az Amerikai Egyesült Államokban alkalmazott bioetanol esetében magas cukortartalmú (pl. cukornád) vagy magas keményítőtartalmú növények (kukorica, búza, burgonya) jelentik az alapanyagot. A közeli jövőben – a cellulózt felhasználó technológiák térnyerésével – a fa, a lágyszárúak, de a melléktermékként keletkező gabonaszárak, a szalma is megfelelnek majd alapanyagként.

A bioüzemanyagok, de elsősorban a növényi olajok másik felhasználási lehetősége a kisebb-nagyobb blokkerőművekben való energetikai hasznosítás. Ezek a berendezések egyfelől lehetőséget adnak a kogenerációra vagy trigenerációra, másfelől akár más megújuló energiaforrásokkal együttműködve, szükség esetén azok kiszabályozására, kiegészítésére is nagyszerűen felhasználhatók, hiszen működésük nem időjárásfüggő.

Az érintettek szerint a profitját féltő olaj- és élelmiszer-ipari lobbifelerősödő tevékenységét jelzi az a mostanában fellobbanó vita, amelyben azt firtatják, hogy mennyire egyeztethető össze a mezőgazdaság élelmiszer-termelő tevékenysége az új iránynak tekintendő energianövény-termesztéssel, hiszen ezek csak egymás rovására terjeszkedhetnek – ezáltal az élelmiszerárak emelkedését idézve elő. Jogosan kárhoztatják például a trópusi termőterületekről származó bioüzemanyagok európai felhasználását, hiszen ez egyfelől értékes trópusi élőhelyek elpusztítását eredményezi, másfelől jelentős szállítási energiafelhasználás és szennyezés kapcsolódik hozzá. A probléma azonban ennél bizonyosan össze-

tettebb. Maga a cél, hogy távoli területekről származó fosszilis energiahordozókat váltsunk ki, bizonyosan helyes. A gond a módszerrel van. Nyilvánvaló, hogy leginkább a helyben agrár-munkalehetőséget teremtő, növényi alapú anyagoknak, sőt ezek melléktermékeinek felhasználására kellene törekedni. Az is tény, hogy a jelenlegi, végtelenül pazarló közlekedési rendszerbe belepumpált minden csepp üzemanyagért kár. Ennek radikális átalakításával, az energiahatékonyság és -takarékoság fokozásával azonban a hulladék alapú vagy cellulóz alapú második generációs bioüzemanyagok már elfogadható megoldást jelenthetnének a következő generációk számára.

#### 3.12.11. A biogáz felhasználása

A biogáz magas nedvességtartalmú szerves anyagok jól meghatározott keverékének bontásával képződik. A folyamat zárt térben, anaerob baktériumok közreműködésével két, további részfolyamatokra bontható lépésben történik (fermentáció és metánképződés). A végtermék 50–75% metánt ( $\text{CH}_4$ ), 25–50% szén-dioxidot ( $\text{CO}_2$ ), nitrogént ( $\text{N}_2$ ), hidrogént ( $\text{H}_2$ ), kén-hidrogént ( $\text{H}_2\text{S}$ ), ammóniát ( $\text{NH}_3$ ) és egyéb maradványgázokat tartalmaz. Szerves anyagokból légmentes körülmények között metántartalmú gáz spontán is keletkezik, ha az egyéb feltételek is adottak (például hulladéklerakó-telepeken az ún. depóniagáz), ám ilyen esetben a metán koncentrációja lényegesen alacsonyabb, csak 30–50%. Mivel az energetikai felhasználás szempontjából az egyetlen értékes komponens a metán, ezért a gázkeverék tisztításra szorul.

Céltott technológiákat alkalmazva a folyamat melléktermékeként talajerő-utánpótlásra alkalmas kirohasztott iszap is keletkezik. A biogáz előállítása ugyanakkor nem összekeverendő a komposztálással, amelyhez alacsonyabb nedvességtartalmú alapanyag és sok levegő, valamint egészen más jellegű mikroorganizmusok szükségesek. A komposztálás során keletkező gáz döntően szén-dioxid, amely a légkörbe kerül – éppen akkora mennyiségben, mint amikor a fotoszintézis során a légkörből a szerves anyagba beépült. Ebben az esetben tehát elveszik az energetikai hasznosítás lehetősége.

A biogáz előállításához jó esetben olyan szerves anyagokat használunk fel, amelyek hulladékként környezetterhelést okoznának (pl. szennyvíziszap, híg trágya, állati tetemek), így egyúttal egy hulladékgazdálkodási problémát is megoldunk. A szabályozási hiányosságokra hívja fel a figyelmet, hogy az utóbbi években kifejezetten azzal a céllal létesítenek energiaültetvényeket, hogy a megtermelt biomasszát biogáz előállítására használják fel – a feldolgozási és elhelyezési nehézségeket okozó, helyben keletkező kommunális és mezőgazdasági eredetű hulladékok sorsa pedig megoldatlan marad.

A biogáz eredetű metán felhasználási köre igen széles: alapesetben hőenergia termelésére, jobb esetben – pl. [gázmotor](#)okban elégetve – kogenerációra is használják. Lehetőség van arra is, hogy a földgáz hálózatba juttassuk, ezáltal import energiahordozót váltsunk ki. Egyes országokban olyan személy- és tehergépjárműveket is forgalmaznak a gyártók, amelyek metánt (tehát akár biogáz eredetű másodlagos energiahordozót) használnak fel üzemanyagként.

Az egy főre jutó termelés tekintetében európai országok, Németország, Nagy-Britannia és Dánia vezetik a listát. Itt is érdekes azonban a sokszínűség, hiszen amíg Nagy-Britanniában a kommunális hulladéklerakók depóniagáz-termelése teszi ki az összes mennyiség 90%-át, addig Németországban a decentralizált, Dániában pedig a centralizált jellegű állati trágya alapanyagot feldolgozó üzemek dominanciája figyelhető meg. Hazánkban a meglévő sze-

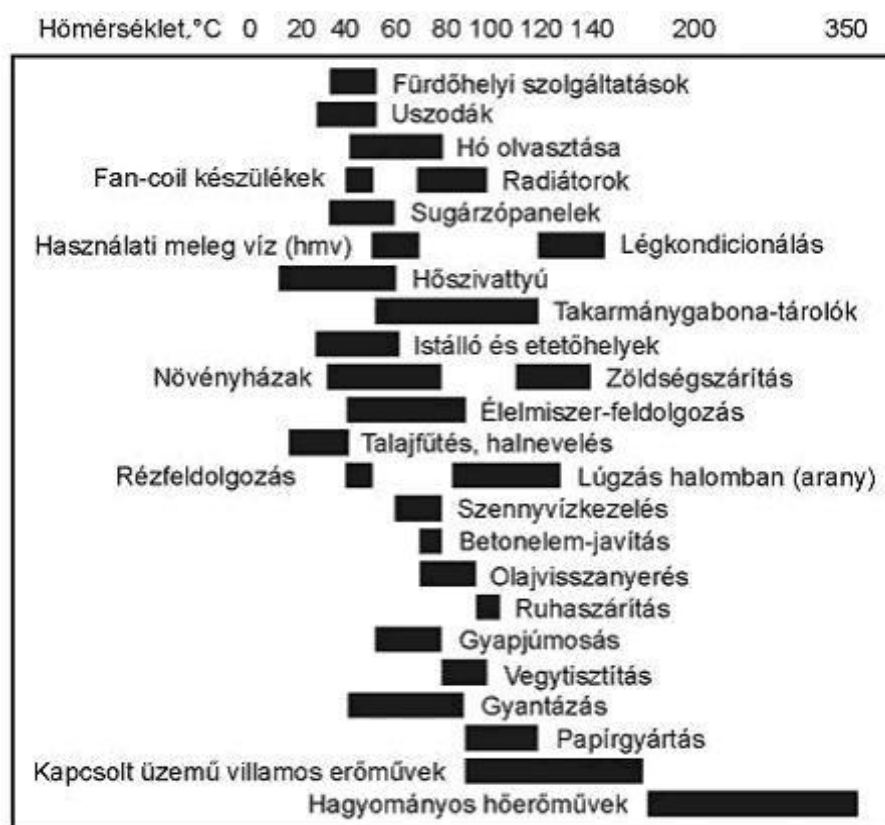
rény kapacitás akár a húszszorosára is növelhető volna, így akár 70 PJ/év körüli energia-termelés is megvalósulhatna. Ezzel a biogáz úgy válhatna meghatározó energiahordozóvá, hogy közben megoldanánk a szerves hulladékok ártalmatlanításának problémáját is.

### 3.12.12. Geotermikus energia

A geotermikus energia a Föld belsejének hőenergiája, amelynek forrása elsősorban a radioaktív izotópok bomlása. A Föld magja melegebb 4000 °C-nál, a földbelső 99%-a pedig 1000 °C-nál. A Föld kérgén áthaladó földhő a nagy nyomás miatt tömör szerkezetű, kristályos kőzeteken alapvetően vezetéssel terjed. A felszín közeli 2-3 km-es felső zónában – a csökkent nyomás és a szerkezeti mozgások, valamint a kisebb tömörödöttség miatt porózus és hasadékos övben – jelentős mennyiségben vannak jelen fluidumok (víz, szénhidrogének), így ebben a zónában a vezetés mellett jelentős szerepet kaphat az áramlással történő hőterjedés. A földfelszínen megjelenő hőteljesítmény az európai kontinensen átlagosan mindössze 70–90 mW/m<sup>2</sup> – ez olyan csekély mennyiség, amit önmagában nem hasznosíthatnánk. Szerencsére ezt kiegészíti további, a napenergiából származó környezeti hő, amellyel együtt hőszivattyúkkal már gazdaságosan kinyerhető. A kettő együttes potenciálja hazánkban mintegy 100 PJ/év.

A Föld belső hőjének energetikai hasznosítására más megoldás kínálkozik: a hőhordozó közegként sok esetben rendelkezésünkre álló termálvíz, amely a mélyből a felszínre szállítja a hőenergiát. A különféle alkalmazások szempontjából igen lényeges szempont, hogy amíg a geotermikus eredetű hő akár folyamatosan és nagy mennyiségben áll rendelkezésre, addig a termálvíz nem kiapadhatatlan forrás, ez jelenti tehát a geotermikus energia hasznosításának szűk keresztmetszetét. Elméletileg persze megvan a lehetőség a víz visszasajtolására, azonban ez megdrágítja a technológiát. Napjainkban, a visszasajtolás kötelezővé tétele után, sok vállalkozás felhagyott a hőenergia kitermelésével és hasznosításával, mások azonban szabálytalan módon, a vízkészlet elpazarlásával folytatják tovább tevékenységüket (ami viszont hosszabb távon a hévízkészlet teljes felélését eredményezi). Emellett egy másik tényező is korlátozza a gyakorlati hasznosítást: a Föld belső része felé haladva a porozitás fokozatosan csökken, így egyre kevésbé vannak jelen a korábban már említett fluidumok. Ebben az esetben hidegvíz-besajtolással megnövelhető a repedésrendszer, ezáltal úgynevezett mesterséges földhőrendszer (Enhanced Geothermal System) hozható létre.

A geotermikus energia hasznosítása alapesetben hőhasznosítást jelent, aminek leginkább kézenfekvő módját a [balneológiai](#) alkalmazások jelentik. A hőt emellett számos más célra fordíthatjuk a távfűtéses és üvegházfűtéses megoldásoktól kezdve a bonyolultabb ipari és mezőgazdasági szárításos eljárásokig. A 130–150 °C-nál magasabb hőmérsékletű forró gőzzel könnyen előállíthatunk akár villamos áramot is, de az alacsonyabb hőmérséklet esetén is léteznek különféle technológiai megoldások az áramtermelésre. Bármilyen hasznosításról legyen is szó, alapvető elvárás, hogy az komplex módon történjen. A komplexitás kétféle módon is megragadható: szűkebb értelemben a különböző hőigényű felhasználási területeket több lépcsőben összekövetve, elsőként a legmagasabb, a legvégén a legalacsonyabb hőigényű fogyasztó energiaigényét kell kielégíteni, ezáltal a hőenergia felhasználásának hatékonysága maximalizálható – ezt ábrázolja az ún. Lindal-diagram (3.12.5 ábra). Szélesebb értelemben azonban beszélhetünk nemcsak a hőnek, hanem a vízzel együtt feltörő metángáznak, valamint a vízben levő ásványi sóknak, sőt magának a termálvíznek a felhasználásáról is. Sajnos a gyakorlat azt igazolja, hogy az egycélú hasznosítás is lehet rentábilis, ám ez az erőforrásokkal való pazarló gazdálkodás tipikus példája.



3.12.5. ábra: Lindal-diagram (Forrás: Komlós F., 2005)

### 3.12.13. Vízenergia

A víz igen sokféle mozgási energiáját rengeteg módon kiaknázzhatjuk. A folyóvizek esetében kézenfekvő a megoldás: a víztömeg esését kihasználva a turbina vagy vízkerék segítségével generátort vagy malmot hajtunk meg. Minél nagyobb az esés és a víz mennyisége, annál nagyobb energiamennyiség felhasználásáról lehet szó. Ha nem áll rendelkezésre megfelelő mennyiségű víz, viszont a szintkülönbség megfelelő, akkor egy magasan fekvő víztározóban a kis vízhozamú folyó(k) vizét felduzzasztják és csak a villamosenergia-fogyasztási csúcsokon helyezik üzembe a turbinát. Ezt az alkalmazást tározós vízerőműnek nevezzük.

A tengervíz különféle mozgásainak energetikai hasznosítása is több évtizedes múltra nyúlik vissza. Közülük a leginkább kiforrott megoldásnak az árapály-erőművet tekintjük, hiszen az első ilyen, azóta is folyamatosan termelő létesítményt 1960-ban helyezték üzembe. Kísérleti fázisban van a hullámzás energiájának hasznosítása, amelyre már önmagában többféle technológiát kidolgoztak. Ugyancsak működnek kísérleti berendezések a tengeráramlások mozgási energiájának hasznosítására – ezek küllemükben a szélturbinákhoz hasonlóak, de lényegesen rövidebb rotorokkal szereltek.

Sajátos megoldás a „szivattyús-tározós erőműnek” nevezett berendezés, amely valójában nem erőmű, hiszen végeredményben villamos energiát fogyaszt, nem is keveset. Hogy mégis egyre több ilyen létesítmény készül szerte a világon, azzal magyarázható, hogy segítségükkel a villamosenergia-rendszerben fellépő, akár hirtelen jelentkező igényeket vagy váratlanul kieső termelést is igen gyorsan lehet fedezni. Az időjárásfüggő, megújuló energiaforrások arányának növelésére ez jelenti az egyik lehetséges megoldást. Működésének

lényege, hogy az alacsonyabb térszínen lévő folyóból (vagy tározóból) egy magasabban fekvő tározóba szivattyúzzák fel a vizet, majd elektromos energiát termelnek a tárolt vízzel. Ha elég elektromos energia áll rendelkezésre, akkor az elektromos generátor visszafelé is működtethető, így a vizet vissza lehet pumpálni a magasabban levő víztárolóba későbbi felhasználás céljából.

### 3.13. Atomenergia

Az atomerőművek megítélése talán a leginkább ellentmondásos, ezek jövőbeni szerepét illetően érzékelhetők a legnagyobb nézetkülönbségek a különféle szakmai műhelyek között. A technológia pontos megítélése már csak azért sem könnyű, mert a hozzá kapcsolódó információk egy részét a mai napig bizalmasan kezelik.

Az atomerőművek a fosszilis tüzelésű erőművekhez hasonlóan működnek, ám esetükben a hőt az urán maghasadása szolgáltatja. A hasadás szabályozott láncreakcióként megy végbe, aminek során nagy mennyiségű hőenergia szabadul fel, ezzel gőzt fejlesztenek, majd [gőzturbina](#) segítségével villamos áramot termelnek. Az atomerőművek teljesítménye általában nagy, 1000 MW fölötti. Ebben rejlik a technológia egyik hátulütője, hiszen a hatalmas mennyiségű hőenergia okszerű felhasználására korlátozottak a lehetőségek, így annak meghatározó többsége (Paks esetében 99,5%-a) a környezetet szennyezi. A maghasadás során keletkező hulladék rendkívül radioaktív, ráadásul igen hosszú élettartamú, ezért csak speciális nukleáris hulladéklerakókon volna elhelyezhető, ahol folyamatos és költséges kezelés, megfigyelés mellett több tízezer évig kellene izolálni a környezettől, ám ilyen fogadóállomás egyelőre, különféle okokból, sehol nem létesült. Súlyos kérdéseket vet fel a technológia kapcsolata a nukleáris fegyverkezéssel, de a különféle atomerőművi és feldolgozóüzemi havária eseményeknek is rendkívül tragikus következményei vannak.

A fenti negatívumok ellenére a világ országai közül 31-ben működnek atomerőművek. Ez egyfelől azzal magyarázható, hogy a technológia jól illeszkedett a 20. század centralizált energiarendszerébe, másfelől – elsősorban rövid távon – előnyös tulajdonságai is vannak. Ezek között elsőként a légkörvédelemben, újabban a klímavédelemben betöltött szerepét szokás kiemelni. Maga az atomerőmű – legalábbis működése közben – nem bocsát ki jelentős mennyiségben légszennyező anyagokat, ezért nem járul hozzá a globális felmelegedéshez vagy a savas esők kialakulásához. Az uránérc bányászata és dúsítása, az atomerőművek építése és bontása során jelentkezik, illetve a kapcsolódó szállításokhoz is kötődik üvegházgáz-kibocsátás, de ez az urán nagyobb energiakonzentrációja miatt sokkal kisebb, mint a hagyományos tüzelőanyagok esetében.

A hazai helyzetet illetően lényeges megemlíteni, hogy villamosenergia-termelésünk mintegy 35-40%-a kötődik a paksi atomerőműhöz. Különféle szintű döntések születtek egyfelől az erőmű élettartamának meghosszabbításáról, másfelől újabb jelentős atomerőművi kapacitás kiépítéséről. Energetikai szakemberek ennek kapcsán felvetik a tervezett beruházásnak a villamosenergia-rendszer rugalmatlanságát növelő és az energiahatékonyságot fékező, összességében kedvezőtlen hatását.

### 3.14. Fosszilis tüzelőanyagok jövőbeni hasznosítása

A fosszilis tüzelőanyagok alatt a szenet és a szénhidrogéneket – kőolajat és földgázt – értjük, amelyek lebomlott növények és állatok maradványai. Életciklusuk minden fázisában környezeti és egészségügyi károk sokaságát okozzák, ráadásul készleteik az utóbbi években erősen megfogyatkoztak. Ezért – bár szerepük jelenleg még meghatározó – a korszerű

energiagazdálkodás 2-3 évtizedes távlatban ezekkel egyre kevésbé számol. Napjainkban felmerült ugyan a kibocsátott szén-dioxid hatalmas, felszín alatti geológiai tárolókban történő elhelyezésének lehetősége (Carbon Capture and Storage), de szakértői berkekben konszenzus látszik kibontakozni a tekintetben, hogy ez a jelentős energiaigény és a költségek okán nem fog megoldást jelenteni.

### 3.15. A villamosenergia-rendszer jövője

A fentiek alapján az energiarendszer teljes és mélyreható átalakulása várható az elkövetkező évtizedekben. A legnagyobb kihívást várhatóan a közlekedési szektor átállítása jelenti majd, ugyanis itt a helyettesítő technológiák – elsősorban a villamos meghajtású közúti gépjárművek – még nem terjedtek el. A legkevésbé problematikusnak a hőenergia-termelés átállítása tűnik, ez tulajdonképpen a háztartások szintjén már napjainkban sem okoz technológiai nehézséget, ráadásul gazdasági szempontból is egyre inkább kikerülhetetlen.

A leginkább homályosnak a villamosenergia-termelés terén látszik a jövő, ami a jelenlegi centralizált rendszer és az ezzel kapcsolatos gondolkodásmód átalakításának nehézségeivel magyarázható. E tekintetben a nemzetközi szakirodalomban „smart grid” néven elterjedt, magyarul intelligens villamos hálózatnak fordítható koncepció hozhat áttörést. E szerint például a villamos hálózatba processzorokkal, memóriával rendelkező érzékelőket építenek, ezáltal valamiféle „energianternetet” alakítanak ki; a kis teljesítményű helyi és a nagy központi termelőegységek interaktív kapcsolatban állnak majd egymással; a háztartási fogyasztók jó része pedig (például a ki- és bekapcsolás tekintetében) a hálózatról, távirányítással volna szabályozható. Ehhez a fogyasztók szintjén szükség van olyan berendezésekre, amelyek képesek együttműködni ezzel a rendszerrel. Ezek együttesen alkotják az intelligens házat, ahol ráadásul intelligens fogyasztásmérés működik. Az elképzelések szerint a háztartások olyan módon is szerves részévé válnak majd az energiarendszernek, hogy az elektromos hajtású gépjárművek sokasága egyfajta gigantikus energiatárolóként segíti a jövőben a megújuló energiaforrások integrálását a villamosenergia-rendszerbe (Vehicle To Grid – V2G). Eszerint a jövő tehát a számítástechnika által vezérelt rendszereké, már csak az a kérdés, hogy – a globális környezeti katasztrófa küszöbén – van-e elég ideje az emberiségnek arra, hogy a szükséges lépéseket időben megtegye.

### 3.16. Függelékek

#### 3.16.1. Bibliográfia

- Altamonte, H. et al.: Sostenibilidad Energética En América Latina Y El Caribe: El Aporte De Las Fuentes Renovables. ECLAC/GTZ project, 80 p.  
<http://www.eclac.org/publicaciones/xml/9/13319/Lcl.1966e.pdf>, 2003.
- Bai A. et al.: A biomassza felhasználása. Szaktudás Kiadó Ház, 236 p., 2002.
- Barótfi I.: Környezettechnika, Mezőgazda Kiadó, 2000.
- Bengtson, H.: Estimating Passive Solar Heating System Performance.  
<http://www.brighthub.com/environment/renewable-energy/articles/70764.aspx>, 2010.
- Brown, L. R. : Plan B. 4.0 – Mobilizing to Save Civilization. Earth Policy Institute, 370 p.  
[http://www.earth-policy.org/images/uploads/book\\_files/pb4book.pdf](http://www.earth-policy.org/images/uploads/book_files/pb4book.pdf), 2009.
- Campbell, C. J., Laherrère, J. H.: The end of cheap oil. Scientific American 3. 98. pp. 80–85, 1998.
- Courtney, A.: Energy and Resources in Perspective – course material, Western Oregon University, 2005.
- Dziubinski, O.– hipman, R.: Trends in Consumption and Production: Household Energy Consumption. United Nations— Department of Economic and Social Affairs. 21 p.  
<http://www.un.org/esa/sustdev/publications/esa99dp6.pdf>, 1999.

- Duncan, R. C.: The Olduvai Theory - Terminal Decline Imminent. *The Social Contract Journal*, 17. 3. pp. 141–151.  
[http://www.thesocialcontract.com/artman2/publish/tsc1703/17\\_3\\_duncan.shtml](http://www.thesocialcontract.com/artman2/publish/tsc1703/17_3_duncan.shtml), 2007.
- EC Hungary – Energy Mix Fact Sheet. European Commission,  
[http://ec.europa.eu/energy/energy\\_policy/doc/factsheets/mix/mix\\_hu\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/energy_policy/doc/factsheets/mix/mix_hu_en.pdf), 2007a.
- EC Malta – Energy Mix Fact Sheet. European Commission,  
[http://ec.europa.eu/energy/energy\\_policy/doc/factsheets/mix/mix\\_mt\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/energy_policy/doc/factsheets/mix/mix_mt_en.pdf), 2007b.
- EIA Country Energy Profiles. – U.S. Energy Information Administration (EIA)  
<http://www.eia.doe.gov/country/index.cfm>, 2010.
- Ender, C.: Wind Energy Use in Germany - Status 30.06.2010. in: *DEWI Magazin* No. 37. pp. 32–43, 2010.
- EWEA: Wind in Power: 2009 European Statistics. European Wind Energy Association. 9 p.  
[http://www.ewea.org/fileadmin/ewea\\_documents/documents/statistics/general\\_stats\\_2009.pdf](http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/statistics/general_stats_2009.pdf), 2010.
- Fthenakis, V. – Kim, H. C.: Land use and electricity generation: A life-cycle analysis. *Renewable & Sustainable Energy Reviews* 13:1465–1474, 2009.
- Hubbert, M. K.: Nuclear Energy and the Fossil Fuels. American Petroleum Institute. 40 p.  
<http://www.hubbartpeak.com/hubbart/1956/1956.pdf>, 1956.
- IEA: Key World Energy Statistics 2010. 82 p.  
[http://iea.org/textbase/nppdf/free/2010/key\\_stats\\_2010.pdf](http://iea.org/textbase/nppdf/free/2010/key_stats_2010.pdf), 2010.
- IER: Externe National Implementation, Germany – Final Report. – <http://externe.jrc.es/ger.pdf> (letöltve 2003. október 17.), 1997.
- Jacobson, M. Z.–Delucchi, M. A.: A Path to Sustainable Energy by 2030. in: *Scientific American*, November 2009, pp. 58–65, 2009.
- Jordaan, S. M. The land use footprint of energy extraction in Alberta. PhD-dolgozat, University Of Calgary. 190 p., 2010.
- Kemp, M. et al.: Zero Carbon Britain 2030: A New Energy Strategy. The second report of the Zero Carbon Britain project. Centre for Alternative Technology, 384 p., 2010.
- Komlós F.: Megújuló energiaforrások alkalmazása hazánkban. In *Magyar Épületgépészet*. 2005.10., 2005.
- Levine, M. et al.: Mitigation of Climate Change – Residential and commercial buildings. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, 60 p. <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg3/ar4-wg3-chapter6.pdf>, 2007.
- MacKay, D.: Sustainable Energy – Without the Hot Air. UIT Cambridge, 368 p., 2009.
- Martin, Ch.: High Finance For Concentrating PV. <http://nenmore.blogspot.com/2010/08/high-finance-for-concentrating-pv.html>, 2010.
- Móra Ferenc: Kinskereső kisködmön, 1918.
- Munkácsy B.: A területi tervezés szorításában – A szélenergia-hasznosítás hazai lehetőségei. In: *Területfejlesztés és Innováció* 4. 2. pp. 20–27., 2010.
- NEA Uranium 2003: Resources, Production and Demand. OECD Nuclear Energy Agency. 293 p.
- Nørgård, J. S. (1999): Energy Saving Experiences and Prospects. Sustainable and Peaceful Energy Future in Asia – Workshop (Coral Island, Phuket, Thailand) 1999. november 26-28, (2004):
- Pavics L.–Kiss K. A fosszilis energiák hazai támogatása. 54 p. –  
[http://www.nfft.hu/dynamic/A\\_fosszilis\\_energiak\\_hazai\\_tamogatasa.pdf](http://www.nfft.hu/dynamic/A_fosszilis_energiak_hazai_tamogatasa.pdf) –letöltés: 2011. 02. 08., 2009.
- Pehnt, M. et al.: Renewable Energies – Innovation for a Sustainable Energy Future. Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, Germany. p. 129., 2009.
- Schmidt-Bleek, F.: Factor 10: The future of stuff. In: *Sustainability: Science, Practice, & Policy* 4(1):1–4. [http://ejournal.nbii.org/archives/vol4iss1/editorial\\_schmidt-bleek.html](http://ejournal.nbii.org/archives/vol4iss1/editorial_schmidt-bleek.html), 2008.
- Teske, S.: Energy [r]evolution: A Sustainable World Energy Outlook. European Renewable Energy Council (EREC) and Greenpeace. 260 p., 2010.

- UNDP: World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability. ISBN 92-1-126126-0, 2000.
- WEC 2007 Survey of Energy Resources. World Energy Council, 600 p., 2007.
- Weizsäcker, E. U. et al. : Factor Four – Doubling Wealth, Halving Resource Use. Earthscan Publications Limited. 323 p., 1997.
- Wilkes, J.–Moccia, J.: Wind in Power – 2009 European Statistics. The European Wind Energy Association, 9 p., 2010.
- WNA: Nuclear Power in France. World Nuclear Association, 18 p. <http://www.world-nuclear.org/info/inf40.html>, 2010.
- York, R.: Ecological Paradoxes: William Stanley Jevons and the paperless office. In: Human Ecology Review 13(2) pp. 143–147., 2006.
- Zittel, W.–Schindler, J.: Coal: Resources And Future Production. Energy Watch Group, 47 p. [http://www.energywatchgroup.org/fileadmin/global/pdf/EWG\\_Report\\_Coal\\_10-07-2007ms.pdf](http://www.energywatchgroup.org/fileadmin/global/pdf/EWG_Report_Coal_10-07-2007ms.pdf), 2007.
- Zittel, W.–Schindler, J. Uranium Resources and Nuclear Energy. Energy Watch Group, 48 p. [http://www.lbst.de/publications/studies\\_e/2006/EWG-paper\\_1-06\\_Uranium-Resources-Nuclear-Energy\\_03DEC2006.pdf](http://www.lbst.de/publications/studies_e/2006/EWG-paper_1-06_Uranium-Resources-Nuclear-Energy_03DEC2006.pdf), 2006.

### 3.16.2. Fogalomtár

**aktív ház:** pozitív energiamérlegű épület, amely elsősorban a napelemek, hőszivattyúk és szélgenerátorok alkalmazásának köszönhetően több energiát termel, mint amennyit elfogyaszt.

**balneológia:** A balneológia a gyógyvizek alkalmazásával és hatásaival foglalkozó tudomány.

**brikett:** alapvetően hulladék alapú, elsősorban szénporból, fűrészporból préssel előállított magas fűtőértékű másodlagos energiahordozó. A fabrikett 6–8 cm átmérőjű, hengeres formájú, felhasználásra előkészített, alacsony nedvességtartalmú tüzelőanyag.

**decentralizált energiarendszer:** döntően 10 MW-nál kisebb villamosenergia-termelő berendezésekből felépülő rendszer. Előnye a nagyobb ellátásbiztonság és hatékonyság, valamint a helyi erőforrásokra való támaszkodás lehetősége.

**drain-back napkollektoros rendszer:** a megoldás lényege, hogy a napkollektorban nincs mindig folyadék, vagyis, ha besugárzás híján a rendszer nem működik, a kollektorból a víz leürül, ezért fagyálló alkalmazására nincs szükség. A víz fagymentes helyen várja, hogy a rendszer bekapcsoljon. Ha a napsütés elkezd a napkollektorokat átmelegíteni, a vezérlő ezt érzékeli és elindítja a keringtetést.

**életciklus-elemzés:** szolgáltatások, gyártási folyamatok vagy termékek tervezéséhez, fejlesztéséhez, összehasonlító elemzéséhez nyújt számszerűsített információt. Lényege egy pontos anyag- és energiamérleg készítése a szükséges nyersanyagok kitermelésétől a szállításon, feldolgozáson és működtetésen át a hulladékfázisig.

**elsődleges energiahordozó:** a természetben előforduló energiaforrás, amely az energiagazdálkodás rendszerében energiaszolgáltatásokká alakítható.

**energetikai forgatókönyv:** az energiarendszer – bizonyos feltételrendszerek figyelembevételével történő – fejlődési lehetőségeit vizsgáló és bemutató dokumentum.

**energialánc:** a hagyományos megközelítés szerint az elsődleges energiaforrások kitermelésétől az energiaszolgáltatások igénybevételéig tartó szakasz. Korszerűbb megközelítésben a folyamat ennél tovább, az életstíluson keresztül egészen a jólét értelmezéséig – mint az egész folyamat hajtóerejéig – követhető.

**faelgázosító kazán:** a faelgázosító kazánok két tűzterűek, a felső égéstérben – az elsődleges levegővel – tökéletesen égéssel történik a fa elgázosítása. A következő lépésben az alsó égéstérben, má-



sodlagos levegő segítségével, igen magas hőfokon, nagy hatékonyságú, tökéletes égés következik be.

**fosszilis energiaforrások:** a természeti környezetben fellelhető azon elsődleges energiaforrások, amelyek kialakulása elhalt élő szervezetekhez kötődik, és hosszú idő alatt, földtörténeti korszakok során következett be.

**fűtőmű:** távhőellátás hőenergia-igényét kiszolgáló üzem.

**gázmotor:** a gázmotor egy speciálisan átalakított Ottó-motor, aminek a forgási energiáját egy generátor villamos árammá alakítja. Nagy előnyük, hogy terhelésük széles sávban változtatható az összhatófok lényeges csökkenése nélkül. A gyártmányok teljesítménytartománya néhány kW-tól néhány MW-ig terjed.

**gázturbina:** A gázturbina egy olyan, áramtermelésre is alkalmazható hőerőgép, amelyben a nagy mennyiségű levegővel kevert üzemanyag égéstermékei egy turbina lapátjain haladnak keresztül. A dugattyús belső égésű motoroktól eltérően a gázturbinában folyamatos égés történik.

**gőzturbina:** A gőzturbina olyan hőerőgép, amely a túlhevített vízgőz hőenergiáját alakítja mechanikai energiává. Villamos áramot egy következő lépésben, a rendszerhez illesztett generátor segítségével állítanak elő.

**inverter:** egyenáramot váltóárammá alakító berendezés, amely a hálózatra termelő napelemes rendszer egyik fontos és költséges eleme.

**környezetgazdálkodás:** a természeti és földrajzi környezet különféle erőforrásainak hatékony, ám a természet szempontjából kíméletes felhasználásáért felelős tudományterület és a hozzá szorosan kapcsolódó gazdasági és társadalmi tevékenységek szerves egysége.

**napelem:** villamos áram termelésére használatos eszköz.

**napkollektor:** használati meleg víz vagy ritkábban levegő melegítésére alkalmas eszköz.

**Olduvai-lelet:** a kelet-afrikai árokrendszer részét képező, az Olduvai-szakadékvölgy 1,8 millió éves rétegében találták a Homininae alcsalád egyik legelső alakjának (*Homo erectus*) leleteit – a mai Tanzánia területén.

**pellet:** elsősorban fűrészporból vagy szántóföldi hulladékokból nagy nyomással, préseléssel előállított, magas fűtőértékű, méretbeli homogenitása (3-4 cm hosszúságú, 6-7 mm vastag) miatt jól adagolható másodlagos energiahordozó.

**radioaktív hulladékok:** elsősorban az atomerőművek működéséhez, illetve gyógyászati és kutatási tevékenységhez kötődő, a veszélyes hulladékoktól elkülönülő kategóriát képező hulladékcsoport. Csoportosításuk fajlagos aktivitásuk (kis – közepes – nagy) és halmazállapotuk alapján történik.

**rotorátmérő:** a szélturbinák lapátjait nevezzük rotoroknak, a rotorátmérő lényegében a lapáthossz kétszeresének megfelelő érték.

**spaletta:** általában fából készített, zárt szerkezetű tábla, amely társított berendezésként jelentős hőszigetelési és árnyékolási szerepet tölthet be.

**Stirling-motor:** 1816-ban *Robert Stirling* által feltalált külső hő bevezetésű hőerőgép, amely általában dugattyús-forgattyús mechanizmussal készül. A hőátadási folyamat lehetővé teszi, hogy az összes hőerőgép közül a legjobb hatásfokot nyújtsa. Villamosáram-termelésre naptányéros alkalmazásoknál már régóta használják, de kísérletek folynak biomassza-tüzelésű rendszerekhez történő illesztésükre is.

**tartamos erdőgazdálkodás:** a tartamos erdőgazdálkodás során az erdőket és fás területeket olyan módon kell gondozni és használni, hogy azok biológiai változatossága, termőképessége, felújítási kapacitása és életenergiája megmaradjon.

**tömegkályha:** nagy tömegű, eredendően egyedi fűtőberendezésként alkalmazott téglakályha, amely akár használati meleg vizet is képes termelni, sőt sütővel és takaréktűzhellyel is megépíthető.

**tömegkazán:** a tömegkályhából továbbfejlesztett hazai innováció, amely egyedi fűtőberendezés funkciója mellett alkalmas a központi fűtés számára szükséges meleg vizet is biztosítani.

**zsalugáter:** a zsalugáter (zsalu) az ablakok nyíló szárnyainak nyitható és pontos illeszkedéssel zárható, eső és napfény ellen védő, de réses nyithatósága miatt szükség esetén napfényt is beengedő szerkezete.

**zsalúzia:** tulajdonképpen egy külső relaxa. Mivel kültéri használatra készült, ezért az időjárásnak ellenálló, masszívabb szerkezet. Lamellái szélesebbek, mozgatása hajtókarral vagy motorral történik.

## 4. A HULLADÉKGAZDÁLKODÁS ALAPJAI (BALLABÁS GÁBOR)

### 4.1. Az IDŐ fontossága: a hulladékkérdés történetisége és általános háttere

Napjaink egyik **kiemelt környezeti problémája** a hulladékok kérdése, hiszen ma már nem csak egy emberi település vagy kisebb közösség problémája, hanem sok összetevő és folyamat révén **regionális, sőt több esetben globális problémaként jelentkezik**. Az emberi történelem léptékében vizsgálódva a hulladékprodukción és a feleslegessé vált anyagok elhelyezése mindig jelen volt az emberi közösségek életében. Akár a cro-magnoni ember egy régészeti lelőhelyét, akár egy ókori vagy középkori közösség történetét vizsgáljuk, hulladékokkal mindig találkozunk (sok esetben a régészek és történészek nagy öröme). A jelzett korszakokban (az őskortól a kora újkorig) a hulladék mennyisége és minősége (például járványok melegágyaként) a városokban, az urbanizált terekben jelentkezett csak problémaként (például az ókori Athén és Róma vagy a középkor itáliai és németalföldi városai). A **vidéki térségek mezőgazdaságon alapuló természetes gazdasága** ugyanis nem termelt olyan mennyiségű és minőségű hulladékot, mellyel a természeti rendszerek lebontó mechanizmusai alapvetően ne tudtak volna megbirkózni.

**A XVIII. században Angliából kiinduló ipari forradalom jelentős változásokat hozott, melynek hatásai ma már valamennyi kontinensre eljutottak.** Egyrészt a fokozatosan a gazdaság alapjává váló ipari tevékenység **egyre több olyan új anyagot** állított elő, használt (illetve használt), melyek a természetben nem olyan formában vagy egyáltalán nem léteztek. Ezek az anyagok (például kohászati salakanyagok, vegyszerek gyártásának hulladékai) a természet számára egyre inkább kezelhetetlenné váltak, a környezet minőségét rontották. Másrészt az ipari forradalom indította el a népesség nagymértékű növekedése mellett a népesség (és természetesen az ipar) koncentrációját. Az urbanizáción belül a **városodás** folyamata, vagyis a városok és városlakók számának és arányának gyors növekedése, valamint a gazdaság koncentrációja révén **a hulladékok koncentráltan, nagy mennyiségben jelentek meg a növekvő városi terekben.**

A minőségi változások **a XX. század második felére** teljesedtek ki. Például a petrokémiai alapú műanyaggyártás (pl. etilén alapon) folyamatos bővülése vagy a robbanómotoros gépjárművek egy évszázad alatt történő viharos elterjedése egyre inkább azt eredményezte, hogy **a hulladékok minősége, összetételének átalakulása, illetve mennyisége már hatalmas károkat okozott világszerte.** A környezetvédelem 1970-es évekbeli nemzetközi megjelenésével, illetve például a környezetvédelmi ipar fejlesztéseivel egyes ágazatokban már sikerült eredményeket elérni (pl. környezetbarát műanyagok, üzemanyagok gyártása, újrahasznosított fém- és üvegtermékek alkalmazása). Ugyanakkor a világméretű hulladékmennyiség növekedésének mind a mai napig nem sikerült gátat vetni. Ennek legfontosabb alapjai ugyanis a következők:

- **a világ népességének gyors növekedése** (1950-ben még 2,5 milliárd, míg 1987-ben már 5 milliárd, napjainkban (2010) 6,8 milliárd ember él a Földön). A folyamat, ha lassuló ütemben is, de még mindig növekvő, jelentős regionális eltérésekkel,
- a világnépesség növekedése mellett a fejlettnek tekintett országok **életszínvonalának emelkedése, illetve az e mögött meghúzódó jelentős fogyasztásbővülés** is növekvő hulladéktermelést eredményez. Erre különösen jó példa a legfejlettebb országokat tömörítő

OECD lakosainak növekvő egy főre jutó [településhulladék](#)-produkciója (4.1. táblázat). Különösen szembeötlő az Amerikai Egyesült Államok és a fejlettebb európai országok nagy és növekvő hulladékmennyisége. Ezt növeli a gazdaságilag felzárkózó országok, például Európában a mediterrán térség országai, Ázsiában Dél-Korea, Tajvan, és természetesen az utóbbi évtizedekben a kontinensméretű Kína és India növekvő hulladékmennyisége is,

– a **gazdasági marketing** „mind többet és többfélét termelni és eladni szemlélete”, a termék- és technológiai jellemzők fejlődése ellenére is, világléptékben növekvő termelési és települési hulladékprodukciónak is eredményez. Itt is egyre növekvő szerepe van a fejlődő országok gazdaságának.

BEGYŰJTÖTT TELEPÜLÉSI SZILÁRD HULLADÉK NÉHÁNY OECD-ORSZÁGBAN 1980–2000 (KG/FŐ)					
	1980	1985	1990	1995	2000
Egyesült Államok	600	630	740	730	760
Japán	380	360	410	400	410
Belgium	360	370	410	490	550
Dánia	400	480	520	570	660
Hollandia	490	480	500	550	610
Svájc	440	520	610	600	650
Lengyelország	280	300	290	280	320
Portugália	200	230	300	390	450
Görögország	260	300	300	310	430
Törökország	270	360	360	340	390
Magyarország	230	330	470	460	450

4.1. táblázat: Begyűjtött települési szilárd hulladék néhány OECD-országban, 1980–2000 (kg/fő)  
(az adatok forrása: OECD Környezeti adattár, 1997, 2002)

## 4.2. A hulladék fogalma

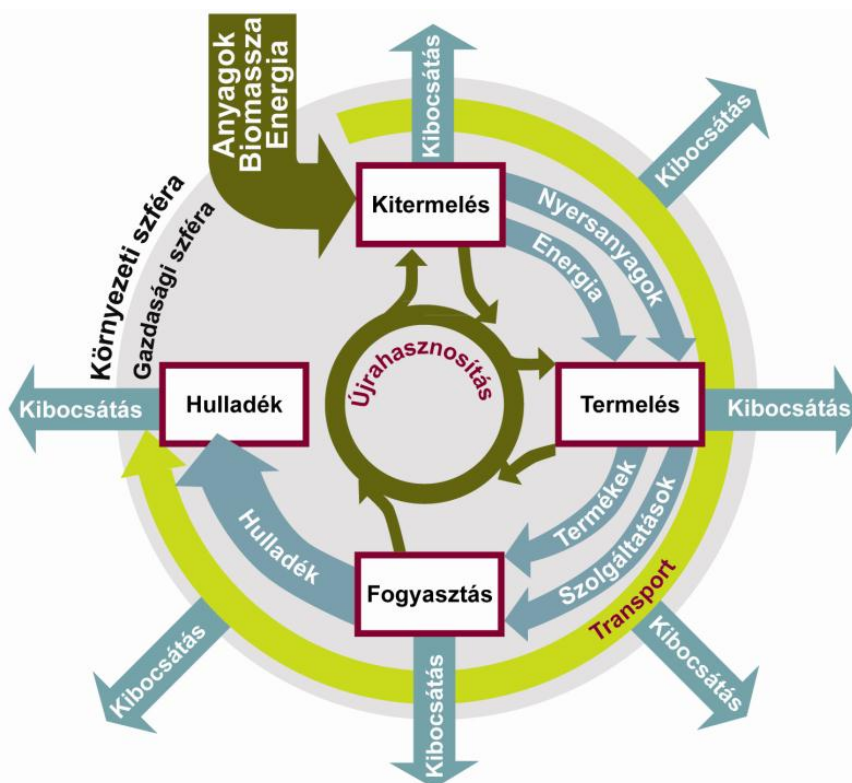
Elsőként a **hulladék** fogalmának klasszikus megközelítésével célszerű megismerkedni. „Az az anyag (elhasznált termék, maradvány, leválasztott szennyező anyag, szennyezett, kitermelt föld), amely az ember termelő-fogyasztó tevékenysége folyamán keletkezik, és amelyet adott műszaki, gazdasági és társadalmi feltételek mellett tulajdonosa sem felhasználni, sem értékesíteni nem tud, illetve nem kíván, és ezért a [kezelés](#)éről (a környezet szennyezésének megelőzése érdekében) gondoskodni kell.” (Környezet- és Természetvédelmi Lexikon I., 2002)

A fogalmi megközelítésben a későbbiekben részletesen is taglalt hulladékkezelési tevékenység számos alapvető jellemzője visszaköszön. A hulladékok egyrészt a **termelési folyamatban** (azon belül is például a természeti erőforrások kinyerése, szállítása, feldolgozása, illetve a félkész- és késztermékek előállítása, csomagolása, szállítása, forgalomba hozatala) során keletkezhetnek<sup>1</sup>. Másrészt a **fogyasztói oldalon** a termékek (és például

<sup>1</sup> Itt érdemes megjegyezni, hogy számos olyan szolgáltatási tevékenység is van, mely szintén hulladék-kibocsátó.

csomagolásuk) elhasználódása, feleslegessé válása után. A természeti rendszerekben nem beszélhetünk hulladékokról, hiszen ezekben (például a C körforgása esetén) minden folyamat végterméke egy következő folyamat egyik kiinduló anyaga lesz. Ezzel szemben a társadalmi-gazdasági rendszerekben emberi, **tulajdonosi (sok esetben szubjektív) döntés** és **a társadalmi-gazdasági és műszaki feltételek** az alapjai annak, hogy az adott anyag mikor válik hulladékká, és így mikor jut el a nyílt (lineáris) termelési-fogyasztási rendszer végpontjára (például a hulladéklerakóba). Alapvetően a mindennapokban **a természeti környezet rendszereibe mint befogadóba juttatjuk vissza** a sok esetben többszörösen átalakított vagy szennyezett anyagokat. Éppen ezért szükséges a kellő elővigyázatosság és a megfelelő, biztonságos kezelés, hogy adott terület környezeti elemeit (levegő, víz, talaj, élővilág stb.) és azok rendszereit ne károsítsuk.

Ugyanakkor az ilyen típusú definícióknak több problémája is van. Jól érzékelhetően nem jelenik meg egyrészt ebben a megközelítésben például az, hogy ezen anyagok tovább- vagy újrahasznosítása révén **a melléktermékek és a hulladékok újabb gazdasági folyamatokban másodnyersanyagok lehetnek**. Vagyis a természeti rendszerek mintájára az eddig lineáris (nyílt) társadalmi-gazdasági rendszerek ciklikus folyamatok tudatos tervezésével, működtetésével és folyamatos megújításával (például üvegpalackok növekvő **újrahasználat**a vagy a begyűjtött üvegtörmelék újraolvasztása és újbóli felhasználása révén) zárhatóak lesznek (4.2.1. ábra). Ilyen szempontból helytállóan tűnik egy teljesen más filozófiájú definíció alkalmazása, ahogy azt az osztrák közoktatásban is használják: „**A hulladék: rosszul hasznosított nyersanyag.**”



4.2.1. ábra: Életcikluslánc  
a kitermeléstől – a termelésen és elosztáson át – a fogyasztásig és a hulladékig  
(Forrás: EEA, 2007)

Az első definíció kritikájába másik oldalról az is beletartozik, hogy teljesen magától értetődőnek tekinti a hulladék keletkezését, illetve az erre adott választ (hulladékkezelés). Ugyanakkor már most jelezni kell azt, hogy napjainkban jogos és **kiemelt társadalmi elvárás**ként kell megjeleníteni és érvényesíteni azt, hogy **mind a termelésben, mind a fogyasztásban csökkentsük a keletkezett hulladék mennyiségét és veszélyességét**, és erre a területre összpontosítsuk a legtöbb erőforrást.

### 4.3. A hulladékok csoportosítása

„Az patakokban kik Városson által folylynak, semmi némű rusnyaságot önteni, **szemetet** belé hánni, ganét reá hordani, árnyék széket reá tsinálni, bőröket benne ásztatni, bélt, moslékot, dögöt, és rusnya ruhákat szapulláson kívül ne mossanak, se ne ásztassanak. A szöcsök is bőröket Patakokban ne ásztassanak és edgy szóval az Városson által folyó Patakokban az Város között semmi rusnyaságot belé ne öntsenek, se benne ne cselekedgynek, melyekben ha valaki deprehendáltatik, először 1 forintra, másodczor 2 forintra, harmadczor 3 forintra et. sic consequentet totis quoties büntessék meg.” (Zimler T. 2003. pp. 19.).

A XVII. századi Fogaras városa hozta a fenti rendeletet 1638-ban. Számos hulladék is ismert volt már, melyeket a korabeli jogszabályban igyekeztek is minél szerteágazóbban (ha nem is a teljesség igényével) megnevezni. Napjainkban ennél már összetettebb, átfogóbb csoportosítási módok léteznek a hulladékok esetében.

Az alapszintű **csoportosítás** alapja lehet annak eredete (a keletkezés ágazati helye), a halmazállapota és a keletkezett hulladék környezeti kockázatai alapján történő besorolás.

#### 1. A keletkezés eredete szerint:

- a. termelési hulladék (mezőgazdasági, bányászati, feldolgozóipari stb.)
- b. háztartási/kommunális/települési hulladék.

2. Anyagi tulajdonság, azon belül **halmazállapot szerint** a hulladék lehet szilárd, vagy folyékony (esetleg iszapszerű kategória is megkülönböztethető).

Anyagi tulajdonságok és **környezeti kockázat nagysága** szerint: veszélyes hulladék és nem veszélyes hulladék kategóriákat állapítunk meg.

A hulladékokat csoportosítani átfogóbb típusokba, hulladékfajtákba sorolni másként is lehet. A termelési, szolgáltatási vagy fogyasztási oldalon egy bizonyos technológiából, tevékenységből származó hulladékot (például kohászati salak, vörösiszap, egyszer használatos egészségügyi hulladékok) **egyedi hulladéknak** nevezzük. Azokat az egyedi hulladékokat, melyeknek lényeges anyagi tulajdonságai lehetővé teszik együttes kezelésüket, **hulladékfajtáknak** nevezzük (például kis és közepes aktivitású radioaktív hulladék, kerti hulladék). A másként hulladékáramoknak is nevezett hulladékfajtákról napjainkra egyre pontosabb adatok állnak rendelkezésre a fejlettnak tekintett országokban, hiszen ez az alapfeltétele szelektív gyűjtésüknek, újrahasználatuknak és újrahasznosításuknak. A közös jellemző tulajdonságaik szempontjából hasonló hulladékfajták együttese a **hulladéktípus**. A kezdeti, 1970-es, 1980-as évektől formálódó magyar szabályozásban három fő hulladéktípust különítettek el, melyek mindegyike lehet szilárd, folyékony és természetesen iszap jellegű:

**1. Különleges kezelést igénylő [veszélyes hulladékok](#):** a veszélyesség többféle ismerv alapján állapítható meg. Alapvető szempont, hogy akár az emberi egészségre, az élővilágra, természeti és művi környezetre, annak elemeire közvetlenül vagy közvetve veszélyes anyagokat értjük ez alatt. A hatásuk lehet azonnali vagy késleltetetten jelentkező. Például lehetnek mérgező, fertőző, korrozív hatású, radioaktív, veszélyes hulladékfajták. (4.2. táblázat)

**2. Települési (kommunális) hulladékok:** „a lakossági fogyasztási, intézményi, kiskereskedelmi és vendéglátó, valamint a közterületek tisztán tartásából származik, összetétele és mennyisége erősen függ az életszínvontól és az életmódtól, ezen belül a fogyasztási szokásoktól.” (Árvai J., 1991). Statisztikai és kezelési szempontból is elkülönítik a települési szilárd és a [települési folyékony hulladékot](#).

A **települési szilárd hulladékfajták** közül a legfontosabbak a **háztartási hulladékok** (lakóépületekben keletkeznek), **intézményi hulladékok** (általában különféle társadalmi és gazdasági szolgáltató intézményekben keletkeznek, például napjaink áruházaiban, bankok és biztosítók fiókjaiban, oktatási és közigazgatási létesítményeiben). A **kerti hulladéknak** mint szerves anyagnak külön szerepe lehet gyűjtési, kezelési és újrahasznosítási szempontból (például [komposztálási](#) lehetőségek). Napjaink települési önkormányzatainak kiemelt feladata a **közterületi hulladék** gyűjtése és [ártalmatlanítása](#).<sup>1</sup>

A **települési folyékony hulladékfajták** közül ki kell emelni a következő hulladékfajtákat:

- „a települések területén a közcsatornába be nem kötött, emberi tartózkodásra szolgáló épületek ideiglenes szennyvíztároló létesítményeinek, közműpótló berendezéseinek ürítéséből származó szennyvizet és szennyvíziszapokat” (Árvai J., 1991), vagyis mindazokat a **lakossági szennyvizet** és szennyvíziszapokat, **melyek a közcsatorna-hálózatban nem kerülnek elvezetésre.**

- „a nem közüzemi csatorna- és árokrendszerek, valamint a települési szennyvizek fenntartásából, tisztításából származó **iszapokat**,
- továbbá a gazdasági eredetű, de nem termelési (mezőgazdaság, ipar) tevékenységből származó **kommunális szennyvíziszapot**.” (Árvai J., 1991.)

**3. A termelési hulladékokat** egyértelműen **mezőgazdasági, közlekedési/szállítási, ipari** (azon belül bányászati, feldolgozóipari, építőipari, villamos energia, gáz-, gőz-, vízellátási) hulladékfajtákra különíthetjük el. Ezek technológiai (például gyártási selejtek) és amortizációs (például elhasznált, leselejtezett termelő berendezések, gyártósorok) hulladékok lehetnek. Természetesen a tisztítási maradékok, a takarításból származó hulladékok, a javító tevékenységből származó hulladékok is besorolhatóak ide. Hacsak mennyiségük és/vagy veszélyességük nem indokolja, bizonyos esetekben és megfelelő engedélyekkel egyes fajtáik együtt is kezelhetők a települési hulladékokkal (adminisztratív és szociális létesítmények, illetve üzemi közterületek hulladékai). Az **inert hulladékok** (például építési, bontási törmelékek), melyek legnagyobb mennyiségben általában az építőanyag- és építőiparban keletkeznek, külön is kiemelendők. Ezek a hulladékok sem fizikai, sem biológiai, sem kémiai értelemben nem mennek át jelentős átalakuláson hulladékká válásuk után. A rá kerülő, a hulladéktesten átjutó csapadékvíz szennyezőanyag-tartalma jelentéktelen, így nem veszélyezteti a környezeti elemeket (például felszíni és felszín alatti vizeket).

<sup>1</sup> Napjainkban a települési hulladék sok esetben tartalmaz veszélyes hulladékokat (például gyógyszermaradványok, használt elemek stb.), ezeket statisztikailag nem választják el a települési hulladékoktól.

A nemzetközi és hazai jogi szabályozás is létrehozhat csoportosítási lehetőségeket, melynek jó példája a hazai hulladékgazdálkodási törvény hulladékkategóriái. (4.2. és 4.3. táblázat)

### Hulladékkategóriák

Hulladékkategóriák
Q1: termelési, szolgáltatási v. fogyasztási maradékok
Q2: előírásoknak meg nem felelő, selejt termékek
Q3: lejárt felhasználhatóságú, szavatosságú termék
Q4: kiömlött, veszendőbe ment károsodott anyagok, eszközök (balesetek során hulladékká váltak is)
Q5: tervezett tevékenység során szennyeződött anyag (pl. tisztítási, csomagolási maradékanyagok)
Q6: használhatatlanná vált alkatrész, tartozék (pl. szárazelem, akkumulátor)
Q7: használatra alkalmatlanná vált egyéb anyag (pl. sav...)
Q8: ipari maradékok (salakok, üstmaradékok stb.)
Q9: szennyezéscsökkentő eljárások maradékai (pl. elhasznált szűrők, porleválasztók pora, szennyvíziszapok, ... stb.)
Q10: gépi megmunkálás, felületkezelés maradék anyagai (például esztergaforgács)
Q11: ásványi nyersanyagok kitermelésének és feldolgozásának maradékanyagai (például ércbányászati meddő, olajbányászati hulladékok stb.)
Q12: tiltott anyagot tartalmazó termékek (pl. PCB-tartalmú olajok)
Q13: jogszabály által tiltott anyagok és termékek
Q14: birtokosa számára tovább nem használható anyagok (például háztartási, irodai, kereskedelmi hulladékok)
Q15: talajtisztításból származó szennyezett anyagok
Q16: bármely más hulladékká váló anyag, ami az előző kategóriákhoz nem tartozik

4.2. táblázat: A 2000/XLIII. (hulladékgazdálkodási) törvény hulladékkategóriái – rövidítve  
(Forrás: 2000/XLIII. törvény 1. melléklet)



<b>A veszélyességi jellemzők jegyzéke</b>	
H1	„Robbanó”: folyékony, képlékeny, kocsonyás vagy szilárd anyagok és készítmények, amelyek a légköri oxigén nélkül is gyors gázfejlődéssel járó hőtermelő reakcióra képesek, és amelyek meghatározott kísérleti körülmények között, illetőleg nyomásra vagy hőre felrobbannak
H2	„Oxidáló”: anyagok és készítmények, amelyek más, elsősorban gyúlékony anyagokkal érintkezve erősen hőtermelő reakcióba lépnek
H3-A	„Tűzveszélyes”:
	– folyékony anyagok és készítmények,
	– anyagok és készítmények, amelyek a levegőn, normál hőmérsékleten öngyulladásra képesek
	– szilárd anyagok és készítmények, amelyek gyújtóforrás rövid ideig tartó behatására könnyen meggyulladnak, majd a gyújtóforrás eltávolítása után tovább égnek vagy bomlanak
	– gáz-halmazállapotú anyagok és készítmények, amelyek a környezeti hőmérsékleten és nyomáson, a levegővel érintkezve tűzveszélyesek
	– anyagok és készítmények, amelyek vízzel vagy nedves levegővel érintkezve tűzveszélyes gázt fejlesztenek, veszélyes mennyiségben
H3-B	„Kevésbé tűzveszélyes”: folyékony anyagok és készítmények, amelyek alacsony lobbanásponttal rendelkeznek
H4	„Irritáló vagy izgató”: nem maró anyagok és készítmények, amelyek a bőrrel vagy nyálkahártyával történő rövid idejű vagy hosszan tartó vagy ismételt érintkezésük esetén gyulladást okozhatnak
H5	„Ártalmas”: anyagok és készítmények, amelyek belélegzésük, lenyelésük vagy a bőrön át történő felszívódásuk esetén halált vagy heveny egészségkárosodást okozhatnak
H6	„Mérgező”: anyagok és készítmények (beleértve az erősen mérgező anyagokat és készítményeket is), amelyek belélegzésük, lenyelésük vagy a bőrön át történő felszívódásuk esetén kis mennyiségben is halált vagy heveny egészségkárosodást okozhatnak
H7	„Karcinogén”: anyagok és készítmények, amelyek belélegzéssel, szájon át, a bőrön vagy a nyálkahártyán keresztül, vagy egyéb úton a szervezetbe jutva daganatot okozva, vagy előfordulásának gyakoriságát megnövelik
H8	„Maró” (korrozív): anyagok és készítmények, amelyek élő szövetrel érintkezve azok elhalását okozzák
H9	„Fertőző”: életképes mikroorganizmusokat vagy azok toxinjait tartalmazó anyagok, amelyek ismert módon vagy megalapozott feltételezések szerint betegséget okoznak az emberben vagy más élő szervezetben
H10	„Reprodukciót és az utódok fejlődését károsító”: anyagok és készítmények, amelyek belélegzéssel, szájon át, a bőrön, a nyálkahártyán keresztül vagy egyéb úton a szervezetbe jutva megzavarják, általában gátolják a reprodukciót, illetve az utódokban morfológiai, illetőleg funkciók károsodást okoznak vagy előfordulásának gyakoriságát megnövelik
H11	„Mutagén”: anyagok és készítmények, amelyek belélegzéssel, szájon át, a bőrön, a nyálkahártyán keresztül vagy egyéb úton a szervezetbe jutva genetikai károsodást okoznak vagy megnövelik a genetikai károsodások gyakoriságát
H12	Anyagok és készítmények, amelyek vízzel, levegővel vagy savval érintkezve mérgező vagy nagyon mérgező gázokat fejlesztenek
H13	Anyagok és készítmények, amelyek hajlamosak arra, hogy belőlük a lerakást követően valamely formában – pl. kimosódás – a felsorolt tulajdonságok bármelyikével rendelkező anyag keletkezzenek
H14	„Környezetre veszélyes”: anyagok és készítmények, amelyek a környezetbe jutva a környezet egy vagy több elemét azonnal vagy meghatározott idő elteltével károsítják, illetve a környezet állapotát, természetes ökológiai egyensúlyát, biológiai sokféleségét megváltoztatják

4.3. táblázat: A 2000/XLIII. (hulladékgazdálkodási) törvény  
a veszélyes hulladékok csoportosításáról – rövidítve  
(Forrás: 2000/XLIII. törvény 2. melléklet)

#### 4.4. A hulladékokkal kapcsolatos fő problémakörök

A hulladékokhoz kapcsolódó tevékenységek (gazdálkodás, kezelés, ártalmatlanítás stb.) tárgyalása előtt célszerű azokat a fő okokat bemutatni, melyek felismerése odáig vezetett, hogy, főleg az elmúlt évtizedekben, egy meglehetősen összetett szolgáltatási rendszer épült ki a fejlett, de sok esetben (ha hiányosan is) a fejlődő országokban is a hulladékok okozta gondok és problémák megoldására. Bartus Gábor (2006) alapvetően öt nagy csoportba sorolja a hulladékok okozta problémákat:

- környezet-egészségügyi
- környezeti
- mennyiségi
- gazdasági és
- társadalmi problémákra.

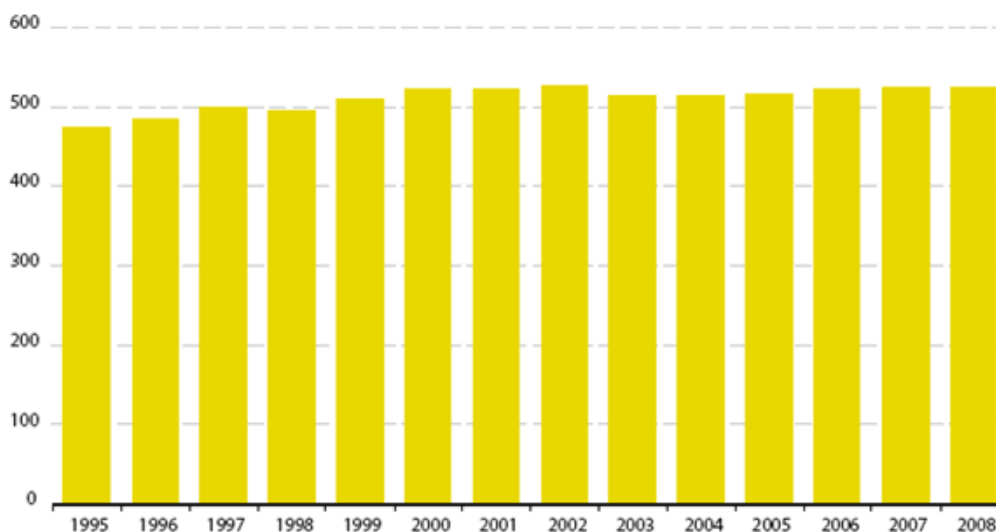
Fejezetünkben ezeken túl a hulladék szállításával, illetve a hulladékprobléma áthárításával kapcsolatos földrajzi kérdést is taglalni fogjuk, mely szoros összefüggésben van az előbbi öt problémakörrel.

**A környezet-egészségügyi problémák** egyértelműen a nem vagy nem megfelelően kezelt hulladékok okozta járványok kapcsán említhetők meg. A szerves anyagokban gazdag vegyes hulladékok például bomlási folyamataik során ideális táptalajai lehetnek a különféle kórokozóknak, például patogén baktériumoknak. A járvány veszélyét növelheti, hogy számos állatcsoport (rágcsálók, madarak), melyeknek ezek a hulladékok szintén tápanyagbázist jelentenek, hordozói, közvetítői lehetnek tehát ezen kórokozóknak. Az emberi történelem számos nagy járványa (például a híres, hírhedt európai 1348-as pestisjárvány) egyik alapja volt az elégtelen települési szilárd- vagy folyékonyhulladék-kezelés. Nem véletlen, hogy napjainkban a hulladékkezelés létesítményei (előkezelő, válogatóművek, égetők, lerakók) szigorú egészségvédelmi rendszabályok szerint működnek. Alapvető például, hogy az ilyen létesítményektől igyekeznek távol tartani az állatokat és a guberáló embereket (kerítés, őrzés, védelem). Hulladéklerakókon pedig ma már elfogadott követelmény hazánkban is a lerakott vegyes hulladék meghatározott időközönként történő takarása. A takaróanyag sokféle lehet: komposztált zöldhulladék, föld, salakanyagok stb.

**A környezeti problémák** is sokfélék lehetnek, hiszen nagyon sokrétű lehet az a szennyezés, mely a környezeti elemeket (levegő, víz, talaj, élővilág, épített környezet) és azok rendszereit érheti. A látható és érezhető közvetlen szennyezések nagyon gyakran ma is emberi tiltakozások alapjai lehetnek. A **bűzhatás, a tájképi hatás** sok esetben egybekapcsolódik a különféle települések lakóinak elképzelése szerint a hulladékkezelő létesítményekkel. A **levegő szennyezése** is sokféleképpen valósulhat meg, példának említhetők a hulladékégetőkben keletkező szén-monoxid, kén-dioxid, elégtelen szénhidrogének, nitrogén-oxidok, klórozott dioxinok, furánok stb. Napjaink európai uniós hulladékégetőiben éppen ezért, akár veszélyes, akár települési szilárd hulladékkal üzemelnek, ma már alapkövetelmény a környezeti és egészségügyi kockázatot csökkentő füstgáztisztító rendszerek kiépítése. A **felszíni és felszín alatti vizeket** is veszélyeztethetik például azok a csurgalékvizek, melyek a deponált hulladéktesten átjutva (szigetelés hiánya esetén) például szerves anyagokkal, szervesetlen tápanyagokkal, nehézfémekkel (a hulladék összetételétől függően) szennyezhetik vizeinket. A **talajokat, a szilárd kérget**, de komplex módon a víztesteket is érő szennyezések szomorú példái azok a veszélyes hulladékok, melyeket a szocialista nagyipar hagyott hátra hazánkban, sok esetben már elszennyezve az említett környezeti elemeket, és milliárdos, tízmilliárdos nagyságrendű kármentesítési feladatokat

hagyva hátra. Például a nagytétényi Metallochemia üzem nagy tömegű nehézfém tartalmú salakját és légszennyezésből származó talajszennyezését, a BVM (Budapesti Vegyi Művek) garéi (Baranya megye) benzol- és xiloltartalmú veszélyes hulladékait vagy az ürömsókavári kőfejtőben (karsztos területen) 1967 és 1976 közt elhelyezett, Óbudáról származó, mintegy 60 ezer tonna tömegű gáztisztítási masszát (többek közt ammónium-, cián- és arzénvegyületek, nehézfémek, és higanytartalom) lehet kiemelni az ismertebbek közül. A feldolgozóiparon túl a bányászati tevékenység, valamint a Szovjet Hadsereg, a Magyar Néphadsereg, a MÁV hulladékait és szennyezéseit is meg kell említeni.

A 4.1. fejezetben is kiemelésre került, hogy külön problémát jelent világszinten a keletkezett hulladékok növekvő mennyisége (4.1. táblázat). Ennek példaként megemlíthető, hogy az Európai Unióban (2008-ban 497,4 millió lakos) települési szilárd hulladékból 1995-ben 1 lakosra még csak 474 kilogramm, 2008-ban már 524 kilogramm jutott, köszönhetően többek közt a népesség és ezen túl a fogyasztás bővülésének. Alig több mint egy évtized alatt 50 kilogrammos (10%-os) növekedés! (4.4.1. ábra) Természetesen ez az érték tagállamonként jelentősen különbözik. A legnagyobb hulladéktermelő 2008-ban Dánia volt, 802 kg/fővel, míg a legalacsonyabb érték Csehországban volt 310 kg/fővel. Hazánkban a jelzett időszakban egy főre 460–480 kilogramm települési szilárd hulladék jutott, mely érték 2006-ig lassan növekedett. (4.4.2. ábra)<sup>1</sup>

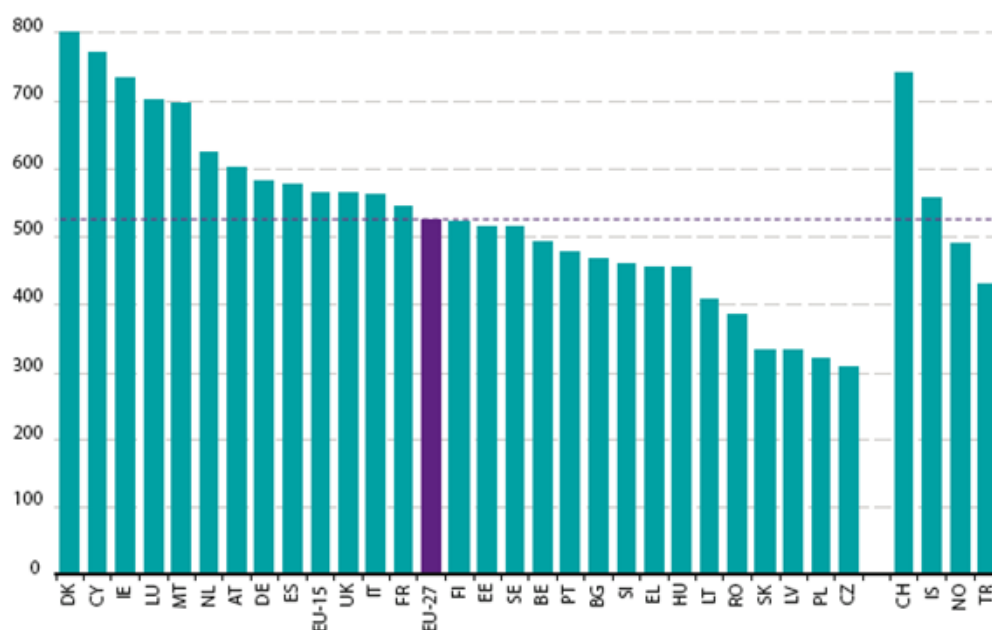


4.4.1. ábra: Az 1 főre jutó (begyűjtött) települési szilárd hulladék az EU 27 tagállamában (kg/fő) 1995–2008  
(Forrás: Environmental statistics and accounts in Europe 2010. Eurostat)

A növekvő mennyiségű hulladék biztonságos begyűjtése és kezelése önmagában is költségnövelő tényező, így **gazdasági és finanszírozási problémát** is felvet a hulladékok kérdése. Ugyanakkor azt sem szabad elfelejteni, hogy a jelenlegi piaci viszonyok közt például a hulladékgyűjtésben az egyszerű vegyes hulladékgyűjtés rendszereihez képest a hulladékszigetes rendszer kétszer-háromszor, a házhoz menő gyűjtési rendszer öt-

<sup>1</sup> Az összes keletkezett hulladékból (2,95 milliárd tonna az EU 27 tagállamában 2006-ban) viszont a háztartások csak 7%-kal részesedtek: a legnagyobb hulladéktermelők az építőipar (33%), a bányászat (25%), és a feldolgozóipar (12%) voltak.

ször–nyolcszor akkora beruházási és működtetési költséget jelent egyes közszolgáltatók számításai szerint. (FKFV Rt., szóbeli közlés). A költségnövekedés egyik alapja kétségtelenül tehát az, hogy egyre szigorodnak a környezetvédelmi előírások, és ezek sok esetben összetettebb, biztonságosabb technológiákat, műveleteket igényelnek, mint az egyszerű rendezetlen hulladéklerakás. Ugyanakkor azt se felejtjük el, hogy így még mindig olcsóbb megelőzni a környezeti károkat, mint utólag többszörös költségekért kármentesíteni tönkretett területeket.



4.4.2. ábra: Az 1 főre jutó (begyűjtött) települési szilárd hulladék az EU 27 tagállamában (továbbá Svájcban, Izlandon, Norvégiában és Törökországban) (kg/fő) 2008 (Forrás: Environmental statistics and accounts in Europe 2010. Eurostat)

Ugyancsak jó példái a költségnövekedésnek a Magyarországon európai társfinanszírozással (előcsatlakozási [például [ISPA](#)] és kohéziós alapokból) finanszírozott regionális hulladékkezelési rendszerek. Az EU és a magyar állam (adófizetői pénzből) a beruházásokat jelentősen (akár 90% felett) támogatta, de a működési költségeket már a hulladékkezelési társulásoknak kell kigazdálkodni. A több és jó minőségű gyűjtőeszköz, a sok esetben növekvő szállítási távolságok, az előkezelő (komposztáló-, válogatóüzemek) és ártalmatlanító (biztonságos, monitorozott lerakók) stb. működtetési költségeit és a későbbi utókezelés tartalékalapjának feltöltését a települések lakói kell, hogy megfizessék – növekvő hulladékdíjak formájában. Ezen jelenleg még alig javít a szelektív gyűjtésből származó például csomagolási hulladékok értékesítése. Éppen ezért kell itt is kiemelni, hogy **társadalmi szempontból mindenekelőtt a megelőzés, a keletkezett és begyűjtött hulladékok mennyiségének és veszélyességének csökkentése lehet a leggazdaságosabb célkitűzés.**

„**Társadalmi probléma** akkor áll elő, amikor a hulladékkal kapcsolatos valamely esemény, jelenség a társadalom egyes csoportjainak elégedetlenségét, nemtetszését váltja ki, esetleg ellenérdekű társadalmi csoportok kerülnek szembe egymással.” (Bartus G., 2006). Ennek klasszikus esete a „**ne az én kertembe**” típusú **felfogás**. Az új típusú, nagy kapacitású hulladékártalmatlanító létesítmények (például regionális lerakók) tervezésénél és kialakításánál hazánkban is több példa volt erre. Az Északkelet-Pest Hulladékgazdálko-

dási Program (2002) esetén egy település (Valkó) kivételével valamennyi kiszemelt település lakossága népszavazáson utasította el a településük közigazgatási határán belül, de a településtől távolabb kialakítandó, szigetelt, biztonságosan működtetett lerakó megépítését. A sors fintora, hogy Valkó viszont földrajzi elhelyezkedése miatt (a gyűjtőkörzet szélén helyezkedett el) nem volt optimális helyszín. Így végül Gödöllő fogadta be a létesítményt, hogy az EU-s támogatástól el ne essenek. Más jellegű példa volt az Észak-Balaton Régió Hulladékgazdálkodási Programja esetén. Itt több helyszín után Szentgál település jelentős kompenzáció fejében befogadta volna a lerakót. Ám a környező települések (például Cseh-bánya, Városlőd), melyekhez jóval közelebb építették volna fel a létesítményt (kompenzáció nélkül), sikeresen lassították az engedélyezési eljárást. Így itt is az EU-s támogatás került veszélybe. Végül az utolsó pillanatban Királyszentistván fogadta be a lerakót. Természetesen a hulladékégetők tervezése vagy működtetése is számos tiltakozásnak adott alapot (például Inota, Heiligenkreutz-Szentgotthárd, Rákospalota).



4.4.3. ábra: A papírhulladék-szállítmányok alakulása a nem veszélyes hulladékoknak az EU határain kívülre, illetve az EU-n belül való szállításának példáján, 1995–2007 között (Forrás: EEA JELZÉSEK 2009.)

A „ne az én kertembe” (not in my backyard) felfogásból fakadhat a hulladékprobléma áthárítása is. Így egy új, **földrajzi probléma** megemlítésére is sort kell keríteni, vagyis a hulladékprobléma továbbadására, exportálására. Például az európai országokból ma már egyrészt a szelektíven gyűjtött hulladékok iránti növekvő keresletet, másrészt az országok közti eltérő szabályozási szigorot és a „kiskapukat”<sup>2</sup> is kihasználva egyre nagyobb mennyiségű és sokféle fajtájú (például vegyes bálázott, szelektív válogatott csomagolási, elektronikai stb.) hulladék jut külföldre (4.4.3. ábra). „1995 és 2007 között az EU-ból főleg Ázsi-

<sup>2</sup> Az exportált, használtként elkönyvelt, de sokszor már hulladék elektronikai cikkek növekvő mennyisége is kimutatható. 2005-ben több mint 15 000 tonna színes televíziót vitt például az EU afrikai országokba. Nigériába, Ghánába és Egyiptomba naponta mintegy 1000 tv-készülék érkezett, melyek ára az európai ár tizedét sem érte el. (Forrás: EEA JELZÉSEK 2009. AZ EURÓPÁT ÉRINTŐ KULCSFONTOSÁGÚ KÖRNYEZETVÉDELMI KÉRDÉSEK)

ába, és azon belül is Kínába szállított, nem veszélyes hulladékok (papír, műanyag és fémek) mennyisége drámai módon nőtt. Az Ázsiába kivitt hulladékpapír mennyisége tízszeresére emelkedett. A műanyagexport tizenegyszeresére, az exportált fémmennyiség pedig ötszörösére nőtt.” (EEA JELZÉSEK, 2009.) És ez még csak a legális, nyomon követett mennyiség.

A **hulladékok minőségének, vagyis kémiai, biológiai, fizikai tulajdonságaiknak ismerete** alapvető ahhoz, hogy káros környezeti hatásait minimalizálni tudjuk. Fizikai, kémiai tulajdonságok alatt érthetjük a hulladék halmazállapotának, kémhatásának, összetételének (például kationok, anionok, nedek, kémhatásának, összetételének (például kationok, anionok, nedvesség, szervesanyag-tartalom), korrozivitásának, fűtőértékének, oldhatóságának megállapítását. Komplex tulajdonsága lehet egy hulladékfajtának vagy egyedi hulladéknak a biológiai vagy kémiai lebonthatósága. A hulladékok biológiai tulajdonságai is többfélék lehetnek:

- az ökotoxikológiai tulajdonsága lehet az élőlényekre, azok életközösségeire gyakorolt hatása,
- a toxikológiai tulajdonságok alatt az emberekre, azok közösségeire gyakorolt mérgező hatásokat értjük az azonnali, akut hatásokon túl, például megemlíthetjük a karcinogén (rákkeltő) tulajdonságokat.
- végül a hulladékok fertőzőképessége is része biológiai tulajdonságaiknak (baktériumok, vírusok, paraziták jelenléte, annak nagyságrendje)

E tulajdonságok feltárásához a hulladékokat vizsgálunk, minősítenünk kell **szabványosított módszerekkel**. Ennek első lépése a szintén szabványosított mintavételezés, melyet akkreditált laboratórium szakemberei végeznek megrendelés esetén. A szabványosításra azért van szükség, mert például egy adott egyedi hulladék összetétele és jellemző tulajdonságai is lehetnek eltérőek egy adott termelőüzemben vagy lerakóban.

A vizsgálati cél szerint eltérő vizsgálatokat különíthetünk el:

- **hulladékanalitikai átfogó vizsgálat:** átfogó, teljes körű vizsgálat, a hulladékokat lehetőség szerint valamennyi tulajdonságuk alapján minősítjük (például új gyógyszeripari gyártástechnológia bevezetése során valamelyik egyedi termelési veszélyes hulladék esetén)
- **hulladékanalitikai célvizsgálat:** egyes, meghatározott tulajdonságok megállapítására, műszaki, technikai jellemzésére (például a hulladékégetőkben történő ártalmatlanításhoz többek közt nagyon lényeges a kémiai összetétel, a szervesanyag- és nedvességtartalom)
- **hulladékminősítési vizsgálat:** a hulladék komplex egészségügyi és környezeti hatásának, jellegének, mértékének megállapítása.

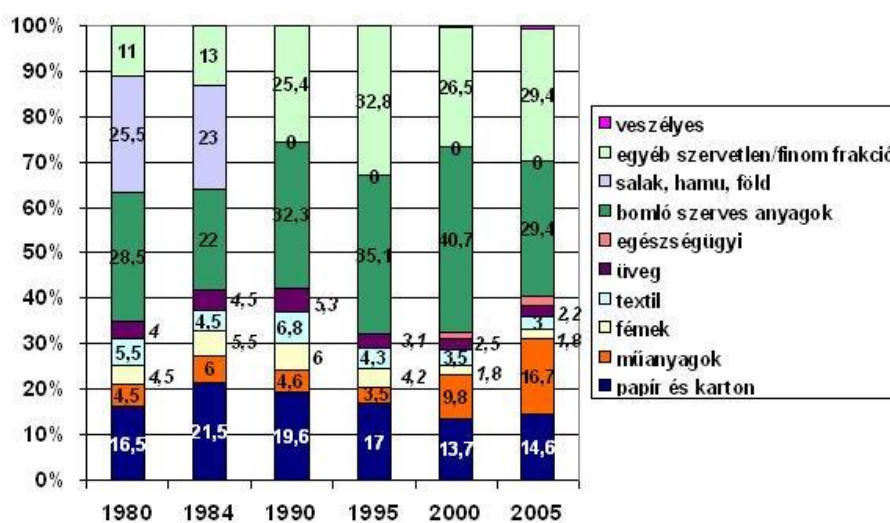
A hulladéktípusok közül a legfontosabb a **veszélyes hulladékok rendszeres és alapos vizsgálata**. A hulladékok veszélyességét több tényező is befolyásolhatja, például a gazdasági struktúra, a szakági alaptermék korszakosság, a termelés során felhasznált anyagok minősége, a hulladékfélések technológiai aránya; a környezetbarát termékek aránya, a csomagolóanyagok tulajdonságai stb. Hazánkban a 2000-es években a legnagyobb mennyiségben keletkező veszélyes hulladékok: a timföldgyártásból származó vörösiszap<sup>3</sup>, az élelmiszeripari (például vágóhidak maradékanyagai), a vegyipari hulladékok, az olajhulladékok és az építőipari veszélyes hulladékok, melyekbe beletartozik a kármentesítések során kitermelt, nagy mennyiségű szennyezett föld is. Vagyis a legnagyobb mennyiségben és

<sup>3</sup> 2002-ben kikerült a veszélyes hulladékok kategóriájából az európai hulladékjegyzék hazai bevezetésével, pedig tulajdonságait tekintve továbbra is veszélyes, lúgos anyag. A 2010 októberében bekövetkező kolontári katasztrófa is ezt bizonyította.

veszélyességében is az ipar egyes szektorai állítják elő a veszélyes hulladékokat. Hazánkban ezek minősítése, nyilvántartása és ellenőrzése, egyre növekvő szigorral, az 1980-as évek elejétől folyik.

**A települési szilárd hulladékok minősége** függhet például a keletkezés helyétől, hiszen panelházas környezetben eltérő lehet a bomló szerves anyagok aránya, mint a kertvárosi zónákban. A keletkezés ideje is befolyásolhatja az összetételt, hiszen például nyári időszakban megnőhet a zöldség- vagy gyümölcsösszetevők aránya. Ez például különösen az augusztusi dinnyeszezonra lehet igaz. Természetesen az életszínvonal, az életmód, a jövedelmi lehetőségek, egyenlőtlenségek is befolyásolhatják a hulladék összetételét (és mennyiségét is). Magyarországon a települési szilárd hulladék összetételének vizsgálatát a budapesti hulladékokra végzik el a legrégebb óta. A meghatározott időközönként, meghatározott lakóközetekből (belvárosi, panelházas, kertvárosias stb.) vett minták és átlagolt értékeik már az 1980-as évek eleje óta rendelkezésre állnak (4.5.1 ábra). A változásoktól eltekintve (1990-től nem mérik például külön a salak, hamu, föld kategóriát) a fő összetevők a következők:

- az egyik legnagyobb arányú összetevő a **bomló szerves anyagok** (konyhai, kerti hulladék) kategóriája, melynek növekedése 2000-ig különösen szembeötlő, de napjainkban is a települési szilárd hulladék egyharmadát adja
- szintén a hulladék egyharmadát, egynegyedét adja az a frakció, mely a **megállapíthatatlan állagú finom, apró frakció** kategóriája
- az **üveg, fém, textil kategóriák**, melyek nagyságrendileg kisebb arányt képviselnek, a jelzett időszak trendjében növekvő (1980-as évek), majd csökkenő (1990-es évektől) arányokat mutatnak, részben a szelektív gyűjtés lassú bővülésének köszönhetően
- a műanyag csomagolóanyagok előretörésével dinamikusan nőtt (1990-es évek második felétől) a **műanyagok** tömeg%-a, amely azért is látványos, mert a települési szilárd hulladék egységnyi térfogatra jutó tömege jelentősen csökkent a fűtési maradékanyagok csökkenésével (lakossági fűtőanyagváltás szénről földgázra), és a műanyagok (kis tömeg azonos térfogatra) előretörésével
- a **papírhulladék** növekedése az 1980-as években volt látványos, de még napjainkban is jelentős (10%-ot jelentősen meghaladó) arányt képvisel.



4.5.1. ábra: Budapest települési szilárd hulladékának tömegszázalékos összetétele, 1980–2005  
(Adatok forrása: A környezet állapota és védelme, 1986. KSH, Környezetstatistikai évkönyv, 2005. KSH)

#### 4.5. A hulladékok által okozott problémákra adott legfontosabb válaszingyintézkedés: az integrált hulladékgazdálkodás

A nagy mennyiségben keletkező és sok esetben a környezetre és az emberi egészségre veszélyes hulladékokkal kapcsolatos problémák kezelésére ma már általánosan elfogadott megközelítés szerint **csak egy átfogó rendszerben való gondolkodás, és ennek megvalósítása lehet a megoldás.** „Az [integrált hulladékgazdálkodás](#) azon tevékenységek összessége, mely a hulladékos problémák környezetileg hatásos, gazdaságilag hatékony megoldását eredményezik.” (Bartus G., 2006.) Ennél részletesebb és összetettebb a hazai hulladékgazdálkodási törvény megközelítése, hisz nevesíti is a főbb tevékenységeket: „a hulladékkal összefüggő tevékenységek rendszere, beleértve a hulladék keletkezésének megelőzését, mennyiségének és veszélyességének csökkentését, kezelését, ezek tervezését és ellenőrzését, a kezelőberendezések és létesítmények üzemeltetését, bezárását, utógondozását, a működés felhagyását követő vizsgálatokat, valamint az ezekhez kapcsolódó szaktanácsadást és oktatást.” (2000. évi XLIII. hulladékgazdálkodási törvény).

Ebben a fejezetben az integrált hulladékgazdálkodás (mint rendszer) egyes alrendszeinek, eszközeinek és sorrendiségének vázlatos bemutatására kerül sor.

A hulladékgazdálkodási rendszerek kialakításához a **legfontosabb alapelvek** fokozatosan jelentek meg az 1970-es évektől kialakuló, majd bővülő nemzetközi környezetvédelmi tevékenység részeként. A nemzetközi, majd a hazai tervezési dokumentumokban, jogszabályokban napjainkra a legfontosabb alapelveket emeljük ki:

- **az első és legfontosabb a megelőzés alapelve,** ezen belül az integrált szennyezés-megelőzés elve alapján legkisebb mértékűre kell szorítani a képződő hulladék mennyiségét és veszélyességét, a környezetterhelés csökkentése érdekében;
- **az elővigyázatosság elve** alapján a veszély, illetőleg a kockázat valós mértékének ismerete hiányában úgy kell eljárni, mintha azok a lehetséges legnagyobbak lennének;
- **a gyártói felelősség elve** alapján a termék előállítója felelős a termék és a technológia jellemzőinek a hulladékgazdálkodás követelményei szempontjából kedvező megválasztásáért, például a felhasznált alapanyagok megválasztásáért, a termék ellenálló képességéért, a termék élettartamát és újrahasználatosságát, a termék előállításából, illetve a termékből keletkező hulladék hasznosításának és ártalmatlanításának megtervezését, valamint a kezelés költségeihez történő hozzájárulást is;
- **a megosztott felelősség elve,** a gyártói felelősség alapján fennálló kötelezettségek teljesítésében a termék és az abból származó hulladék teljes életciklusában érintett szereplőknek együtt kell működniük;
- **az elérhető legjobb eljárás vagy technika (BAT) elve** alapján törekedni kell az adott műszaki és gazdasági körülmények között megvalósítható leghatékonyabb megoldásra; a legkíméletesebb környezet-igénybevétellel járó, anyag- és energiatakarékos technológiák alkalmazására, a környezetterhelést csökkentő folyamatirányításra, a hulladékként nagy kockázatot jelentő anyagok kiváltására, illetőleg a környezetkímélő hulladékkezelő technológiák bevezetésére;
- **a szennyező fizet elv** alapján a hulladék termelője, birtokosa vagy a hulladékká vált termék gyártója köteles a hulladékkezelési költségeit megfizetni, vagy a hulladékot ártalmatlanítani; a szennyezés okozója, illetőleg előidézője felel a hulladékkal okozott környezetszennyezés megszüntetéséért és az okozott kár megtérítéséért, beleértve a helyreállítás költségeit is;



- a **közelség elve** alapján a hulladék hasznosítására, ártalmatlanítására a – környezeti és gazdasági hatékonyság figyelembevételével kiválasztott – lehető legközelebbi, arra alkalmas létesítményben kerülhet sor;
- a **regionalitás elve (területi elv)** alapján a hulladékkezelő létesítmények kialakításánál a fejlesztési, gazdaságossági és környezetbiztonsági szempontoknak, valamint a kezelési igényeknek megfelelő, területi gyűjtőkörű létesítmények hálózatának létrehozására kell törekedni;
- a **költséghatékonyság elve** alapján a hulladékkezelés szabályainak kialakítása, a hulladékgazdálkodás szervezése során érvényesíteni kell, hogy a gazdálkodók, felhasználók által viselendő költségek a lehető legnagyobb környezeti eredménnyel járjanak (2000. évi XLIII. hulladékgazdálkodási törvény alapján).

#### 4.5.1. A 3R: a hulladékmegelőzés (reduce), az újrahazsnálat (reuse), és az újrahazsnosítás (recycle)

A hulladékgazdálkodási rendszer fő folyamatainak és sorrendjüknek legismertebb megjelenítése az úgynevezett hulladékpiramis. (4.5.1. ábra) Ebben a hulladékgazdálkodás három, egymás utáni prioritású, kiemelt tevékenységi területének

- a hulladékok keletkezésének **megelőzését**, a hulladékok mennyiségének és veszélyességének folyamatos csökkentését (megelőzés – reduce)
- az **újrahazsnálati (reuse)** tevékenységet – a termékek funkcióban történő hasznosítását, vagyis a terméknek az eredeti célra történő ismételt felhasználását tekintik. Ez a két megközelítés ma már egyértelműen nemcsak elméleti megközelítés. Az Európai Unió új hulladékgazdálkodási keretirányelve (2008/98/EC sz. irányelv) is ehhez igazodva fogalmazza meg a hulladékgazdálkodási céljait.
- és az **anyagában történő hasznosítást (recycle)** tekinthetjük, vagyis a hulladéknak vagy valamely összetevőjének a termelésben vagy a szolgáltatásban történő felhasználását.



4.5.1. ábra: A hulladékpiramis – a hulladékgazdálkodási tevékenység hierarchiája  
(Forrás: Szilágyi L., 2010)

A hulladékok keletkezésének megelőzése több okból is fontos:

- a természeti erőforrások (nem kizárólag az ásványi nyersanyagok tartoznak ide, hanem például a felszíni és felszín alatti vizek, az erdők faállománya is vagy akár a tájképi értékek is) kímélete, felhasználásukkal történő takarékoskodás,
- nagyobb arányú beépülés és gazdaságosabb termelés valósítható így meg,
- elmarad a (veszélyes) hulladék gyűjtésének, előkezelésének, (ideiglenes) tárolásának, szállításának és ártalmatlanításának költsége mind termelői, mind fogyasztói oldalon,
- megvalósítható a termelési-fogyasztási folyamat zárása, ciklikussá tétele (lásd 4.2.1. ábra).

Ez a megkülönböztetés fontos, hisz a teljes termelési-fogyasztási folyamat minden szereplőjének vannak lehetőségei, eszközei a hulladékok mennyiségének és veszélyességének csökkentésére.

A kitermelési/termelési/gyártási/elosztási folyamatban például kiemelhetők:

- a termelési, szállítási, kereskedelmi **figyelem** javítása (humánfaktor) például megfelelő képzési és ellenőrzési eszközökkel
- átgondolt, tervezett, rendszeresen ellenőrzött termelési vagy szolgáltatási **munkafolyamatok, munkaszervezés** bevezetésével
- a tudatos **terméktervezés, -helyettesítés és -gyártás** pl. környezetbarát termékek bevezetése és gyártása (hosszabb élettartam, javíthatóság, egész életciklusban környezetbarát termékek megfelelő alapanyagokból, kisebb alapanyag-felhasználás)
- a **csomagolóanyagoknak** csak a csomagolás alapfunkcióira (védelem+tájékoztatás) fókuszáló környezetbarát (például alapanyagok megválasztása) tervezése és alkalmazása
- a termékek **árának** tudatos megszabása, például a piacon már bevezetett, kevésbé környezetbarát termékek fokozatos kivételése a piacról, miközben a belőlük realizált bevételből a környezetbarát (hulladékszegény) termékek tervezését, piacra történő bevezetését, esetleg közvetlen ártámogatását finanszírozza a cég (behatoló árpolitika)
- a nyersanyaggal takarékos, hulladékszegény **technológiák** bevezetése, tartós alkalmazása.

A **fogyasztási oldalon** is számos eszközcsoport áll rendelkezésre, melyek közül a következők kerülnek bemutatásra:

**Folyamatos szemléletformálás** (célcsoportok lehetnek a termelő- és szolgáltatócégek vezetői, alkalmazottai, hulladékkezelési közszolgáltatók, kormányzati és önkormányzati szereplők, állampolgárok, oktatási intézmények, helyi klubok):

- példamutatás (például zöld közbeszerzés, környezetbarát termékek, szolgáltatások igénybevétele),
- a helyi vagy térségi civil szervezetek bevonása a munkába (pl. folyamatosan elérhető tanácsadói szolgálat működtetése, tájékoztatókiadványok megjelentetése, akciók, rendezvények szervezése, koordinálása),
- a különféle rendezvényeken, lakossági fórumokon a hulladékmentes megoldások előtérbe helyezése (zöldfesztiválok programja, ahol mindig kiemelt kérdés a hulladékgyűjtés),
- a települések internetes oldalain, a helyi újságokban, a televízióban, a települési vagy regionális rádiókban folyamatos, átgondolt reklám- és szemléletformálási kampányok.

**Környezettudatos vásárlás, illetve a szolgáltatások tudatos igénybevétele (lakossági, céges, önkormányzati stb. oldalról is)**

- a fogyasztás tudatos csökkentése, bizonyos termékekről, szolgáltatásokról való lemondás,
- az ár és a minőség mellett a termékek, szolgáltatások környezeti hatásainak megismerése és figyelembevétel a választás/vásárlás során.

### **A hulladékgazdálkodás tervezése**

- települési vagy térségi minimumprogram (csak gyűjtésre és lerakásra fókuszáló) helyett alapos felmérésekre építő, diverzifikált, helyi igényeknek és kihívásoknak megfelelő hulladékgyűjtési, -kezelési és -ártalmatlanítási rendszerek kerüljenek megtervezésre és utána kiépítésre a lakossági vélemények valódi figyelembevételével,
- a tervezési dokumentumok célkitűzéseinek az európai és országos stratégiai dokumentumokhoz illesztése alapkövetelmény (kellene legyen).

### **A hulladékcsökkentéssel kapcsolatos konkrét kezdeményezések előmozdítása, támogatása (ezek egyben az újrahasználat eszközei is)**

- az elromlott, meghibásodott fogyasztási cikket javító üzemek, vállalkozások támogatása, igénybevétele
- a cserebörzék, fórumok intézményeinek támogatása, az azokon való részvétel
- a helyi termelők támogatása, kis piacok létrehozása, helyi újratöltő rendszerek kiépítésének és üzemelésének támogatása, igénybevétele.

### **A hulladéktermelők ösztönzése fokozatosan bevezetett differenciált szemétdíjjal**

- törekedni kell a mennyiségarányos díjfizetési rend bevezetésére (ez sajnos gyakran ütközik a közszolgáltató cégek ellenérdekeltségével, hisz az ő esetükben a gazdaságosság és profit sok esetben meghatározott hulladékmennyiség/díj esetében érhető el, továbbá az ilyen rendszerek bevezetése kisebb-nagyobb többletberuházással jár)
- ezért előfeltétel: a működő, a lakosság és a gazdasági és szolgáltató intézmények számára is közismert módszerek, illetve rendszerek álljanak rendelkezésre.

### **A szerves hulladékok kiemelése a hulladékáramból házi komposztálással**

- a nagy komposztálási rendszerek kiépítése mellett a házi komposztálás bevezetésének fontossága (megfelelő tájékoztató, szemléletformáló kampány) – ez egyben az [újrahasznosítás](#) egyik eszköze is
- figyelembe kell venni, sőt bizonyos esetekben elsőbbséget kell biztosítani megfelelő tervezés, előkészítés után a helyi biogáz-üzemeknek, a szerves hulladék energetikai célú felhasználásának, hiszen bizonyos esetekben a komposzt felhasználása (például annak nagy mennyisége miatt) nem valósítható meg.

- Az [újrahasználat](#) során az adott terméket (például üveg- vagy PET-palackot, festékpatriót stb.) használják újra vagy használják a továbbiakban is (például gépi berendezéseket, ruhákat, használt bútorokat, berendezési tárgyakat, más tartós fogyasztási cikket, azok alkatrészeit stb.). Nagyon lényeges az utóbbi esetben is **a tudatos tulajdonosi döntés vagy választás**. Ugyanis egy adott termék, eszköz lehet, hogy a tulajdonosa számára felesleges és a piaci viszonyok közt nem értékesíthető, de más területeken vagy mások számára értékes és hasznosítható lehet. Az első esetben pedig kiemelendő, hogy
- a különféle termékek újrahasználatára csökkenti a felhasználandó természeti erőforrások mennyiségét (anyagi és energiaoldalról is),
  - megelőzi az új termékek előállításánál keletkező szennyezéseket,
  - csökkenti a keletkező hulladék mennyiségét.

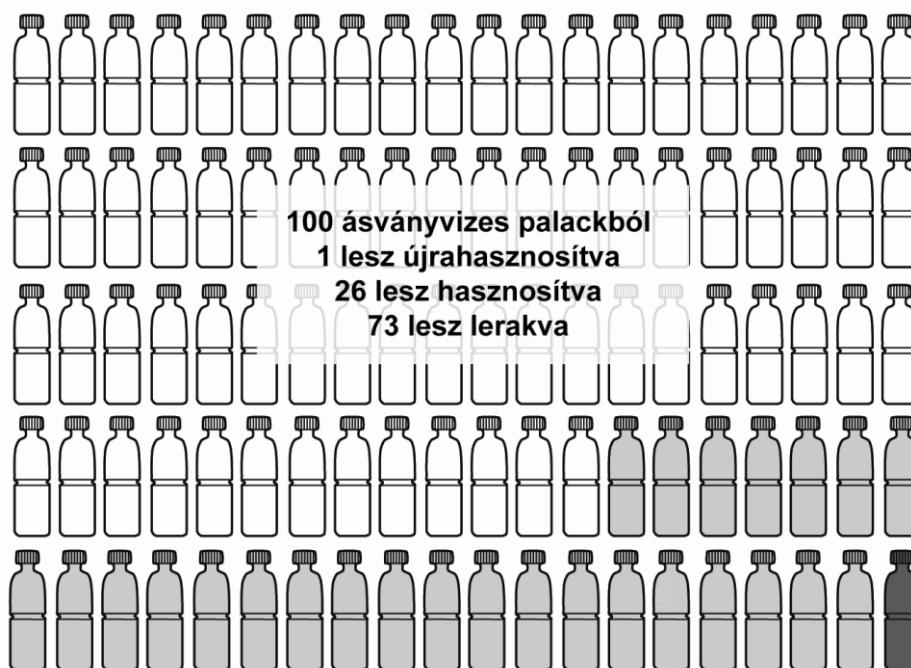
Az újrahasználat termelői és fogyasztói oldalon történő alkalmazására azért is szükség van, mert napjainkban számos [hulladékfajta](#) vagy egyedi hulladék esetén „az egyszeri használat és eldobás” az életút. Jó példa erre, hogy napjainkban a Magyarországon keletkező minden 100 ásványvizes PET-palackból mindössze 1 kerül újratöltésre, újrahasználatra (4.5.2. ábra). Ennek természetesen előfeltétele a megfelelő, tartós eszköztervezés (például PET- vagy üvegpalackok esetén), és hatékony visszagyűjtési rendszer

megvalósítása például betéti-visszatérítési rendszerek alkalmazásával. Ebben nagyon lényeges, hogy a rendszer minden szereplője, például a gyártó, a kereskedő, a fogyasztó ismerje a maga szerepét és (fel)ismerje felelősségét a termék ciklikus életútja során. Természetesen az újrahasználat megvalósítására sok más eszköz is fejlesztésre kerülhet, rendelkezésre állhat. Ilyenek lehetnek az előbb már említettek közül a csereberekörök és fórumok vagy erre szakosított önkormányzati létesítmények (újrahasználati központok), vagy segíthetik ezt a működő javítási, karbantartási tevékenységet űző vállalkozások, kisiparosok, illetve a használt termékek visszavételének, minősítésének, ismételt értékesítésének jogszabályi előírása és ellenőrzése.

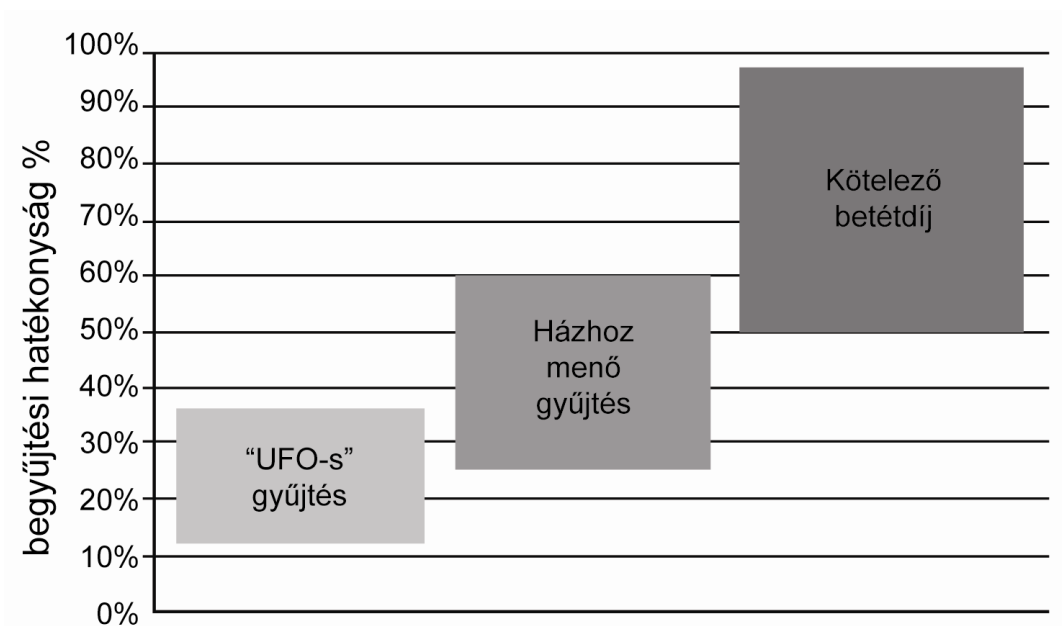
Az **újrahasznosítás** esetén a termelési vagy fogyasztási oldalon, lehetőség szerint szelektíven gyűjtött, illetve begyűjtött hulladék anyagának a termelésbe történő visszaforgatása valósul meg. Lényeges elem itt is a természeti erőforrásokkal történő takarékoság, hisz például 1 tonna üveghulladék felhasználása 0,25 t szóda, 0,83 t kvarchomok, 0,13 t mész kitermelését, előkészítését, szállítását teszi feleslegessé. Ugyanakkor bizonyos termékek újrafeldolgozása energiatakarékosabb megoldás is, mint az új termék előállítása (például papír csomagolóanyagok előállítása esetén).

Nagyon lényeges az újrahasznosítás rendszereinek tervezésekor, hogy komplex rendszer tervezése és működtetése valósuljon meg, ne csak egy rendszerem fejlesztésére koncentráljunk. A szelektív gyűjtésnek bármilyen korszerű és hatékony formája valósul meg egy adott üzemben vagy településen, ha az előkezelés, a szállítás és/vagy a feldolgozás nem hatékony. A szelektív gyűjtés annál hatékonyabb, minél nagyobb begyűjtési arány minél alacsonyabb beruházási, működtetési költséggel érhető el (4.5.3. ábra). (Ez kétségtelen, sokszor komoly ellentmondást hordozhat.) A szállítás és feldolgozás hatékonysága pedig például abban is tetten érhető, hogy adott térségben, a közelség elvének megfelelően, vannak-e elérhető feldolgozókapacitások. Ilyen szempontból emelhető ki negatív példaként, hogy 2008-ig az Európában termelt, tömörített, bálázott (tehát előkészített) PET-palackból származó hulladékot nagy arányban Kínában dolgozták fel. A gazdasági válság hatására, a kínai kereslet csökkenésével, az egész európai szelektív (PET-) gyűjtési rendszer nézett szembe értékesítési problémával, és halmozott fel hulladékhegyeket.

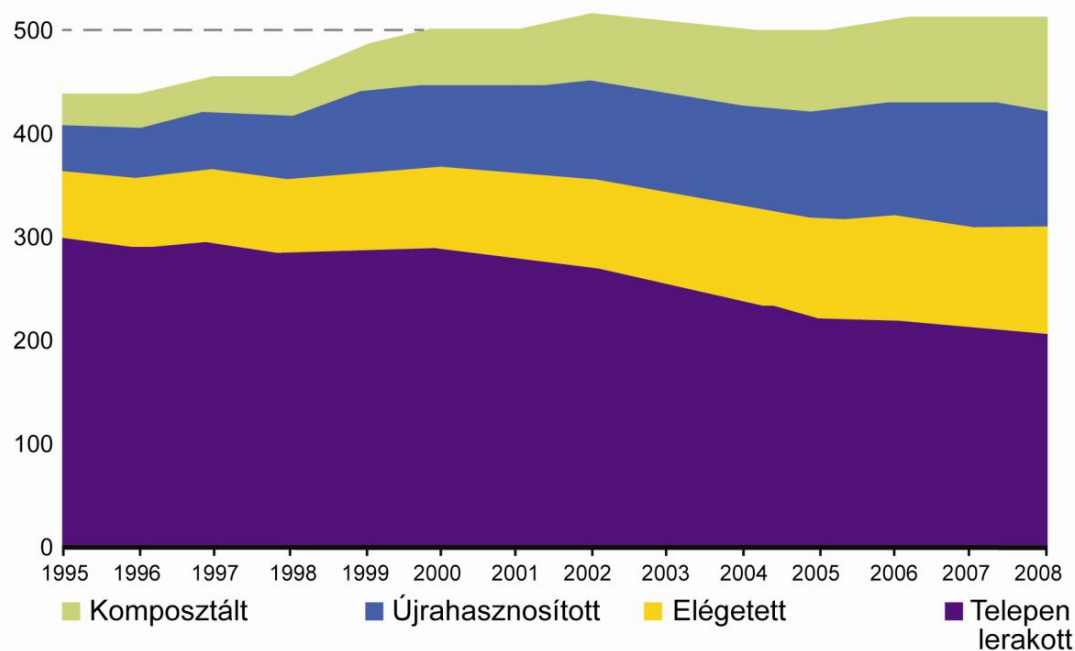
Napjainkban – európai környezetpolitikai szinten – nagyon fontos (de nem egyedüli) célkitűzés az egyes hulladékfajták, hulladékáramok újrahasznosításának növelése az egyszerű gyűjtő-lerakó rendszerekkel szemben, és így lerakásuk csökkentése. Ilyen hulladékfajták például a már említett különféle csomagolási hulladékok, továbbá az akár komposztálható, biológiailag lebomló hulladékok, az építési/bontási tevékenység inert hulladékai, a gumihulladékok, az elektronikai termékek, a gépkocsik és alkatrészeik. A 4.5.4. ábrán jól érzékelhető az Európában begyűjtött és elszállított települési szilárd hulladék csökkenő aránya (2008-ban 40%-a) kerül lerakásra, növekvő, mintegy 20%-os aránya égetésre, a maradék, szintén növekvő, mintegy 40% pedig újrahasznosításra és komposztálásra. Természetesen az egyes tagállamok közt komoly eltérések lehetnek, mely a 456.5. ábrán jól megfigyelhető. A fejlettnek tekintett államokban, ahol hosszabb idő, komoly (beruházási és működtetési) ráfordítások és működő rendszerek álltak és állnak rendelkezésre, 50% felett is lehet az újrahasznosítási arány. Ilyen országok például Németország, Ausztria, Hollandia, Belgium. Ezzel szemben a kelet-közép-európai országokban, illetve a Mediterráneum számos országában (például Málta, Ciprus) ma is kiemelkedő és lassan csökkenő a lerakás aránya.



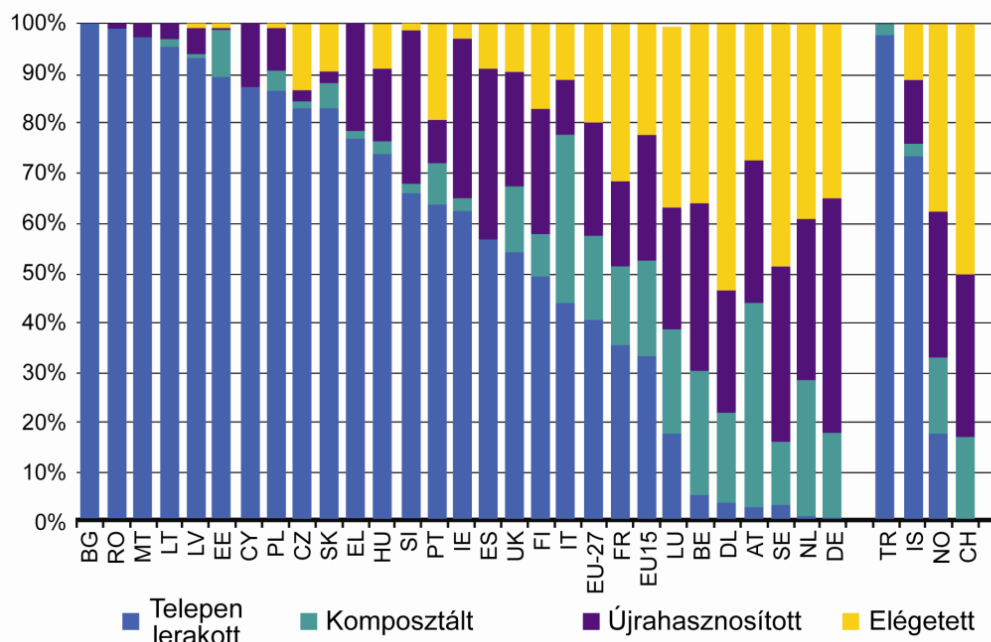
4.5.2. ábra: A PET-palackok újratöltésének és szelektív gyűjtésének aránya Magyarországon  
(Forrás: Szilágyi L., 2010.)



4.5.3. ábra: A különféle szelektív gyűjtési rendszerek hatékonysága közti különbség  
(„Ufós gyűjtés” = gyűjtőszigetes vagy hulladékudvaros gyűjtés)  
(Forrás: Szilágyi L., 2010.)



4.5.4. ábra: A települési szilárd hulladékok kezelése az Európai Unió országaiban (EU-27) 1995–2008 (kg/fő)  
(Composted – komposztált, Recycled – újrahasznosított, Incinerated – égetés energiavisszanyeréssel, Landfilled – lerakott)  
(Forrás: Environmental statistics and accounts in Europe 2010. Eurostat)



4.5.5. ábra: A települési szilárd hulladékok kezelése az Európai Unió egyes tagországaiban (EU-27) 2008 (kg/fő)  
(Composted – komposztált, Recycled – újrahasznosított, Incinerated – égetés energiavisszanyeréssel, Landfilled – lerakott)  
Forrás: Environmental statistics and accounts in Europe 2010. Eurostat

#### 4.5.2. A hulladékok kezelése

Szorosan kapcsolódik az előbbi gondolatokhoz a **hulladékkezelés** fogalma. Ez alatt értjük „a hulladék veszélyeztető hatásainak csökkentésére, a környezetszennyezés megelőzésére és kizárására, a termelésbe vagy a fogyasztásba történő visszavezetésére irányuló tevékenységet, valamint a kezelést megvalósító eljárás alkalmazását, beleértve a kezelőlétesítmények utógondozását is” (2000/XLIII. törvény). Vagyis abban az esetben, **ha minden lehetőséget kimerítettünk a hulladékok megelőzésének vagy újrahasználatának formáira, ma már alapvető elvárás az olyan biztonságos, monitorozott komplex rendszerek kiépítése, melyek lehetővé teszik legalább az anyagban történő újrahasznosítást vagy a biztonságos ártalmatlanítást.** A hulladékkezelés legfontosabb lépései<sup>1</sup>:

- a hulladék **gyűjtése** (a hulladéktulajdonos telephelyén vagy házában stb.) és **begyűjtése** annak termelőitől (vállalatok, szolgáltatólétesítmények, lakosság stb.),
- a hulladék **előkezelése**, ennek során a hulladék biológiai és/vagy kémiai és/vagy fizikai tulajdonságainak megváltoztatására kerül sor, hogy a további hulladékkezelési lépések nagyobb környezeti biztonsággal és kisebb költséggel valósulhassanak meg, lehetőség szerint a termelési folyamatba való visszavezetéssel,
- a hulladék **átmeneti tárolása**: bizonyos hulladékfajták vagy egyedi hulladékok esetén tulajdonosuknak fontos lehet annak átmeneti (a jelenlegi magyar szabályozás szerint maximum 3 évig történő) biztonságos, ellenőrzött tárolása,
- a hulladék biztonságos és gazdaságos **szállítása**, a hulladék termelőjétől akár több átcsatoláson (például átrakó-, tömörítőállomások) keresztül egészen a hulladék feldolgozójáig vagy ahhoz a közszolgáltatóhoz, amely vállalja az ártalmatlanítást,
- a hulladékok **ártalmatlanítása**, mely alatt a hulladék környezetet szennyező, károsító hatásainak megszüntetését, kizárását értjük, mely megvalósítható a hulladék környezeti elemektől történő elszigetelésével és/vagy anyagi minőségének megváltoztatásával, napjainkban a legismertebb típusai a hulladékégetők, és a hulladéklerakók
- a hulladékkezelő létesítmények **utógondozása**, a szennyezett területek **kármentesítése** a hulladékkezelés sokszor háttérbe szoruló lépései, pedig mind a hulladéklerakók kapacitása vagy az égetők élettartama is véges, így bezárásuk után gondoskodni kell ezek hosszú távú, biztonságos tájba illesztéséről, ellenőrzéséről, hasznosításáról vagy átalakításáról, leszereléséről. Azt se felejtjük el, hogy XX. század jelentős részében még a fejlett országokban sem volt szempont és elvárás (vagy csak minimális volt) a hulladékok biztonságos kezelése, így sok potenciális szennyezőforrás (például csak Magyarországon több mint 2000 szigetetlen, már bezárt, kisebb-nagyobb települési hulladéklerakó) ellenőrzését, szükség esetén kármentesítését végre kell hajtani.

Mielőtt részletesen is kibontanánk a fent leírtakat, ki kell emelni azt a szempontot, hogy egy település, térség, ország vagy nemzetközi közösség adott időszakra történő **hulladékgazdálkodási céljainak meghatározása egy összetett, sok egyeztetést igénylő feladat** a meglévő adottságok figyelembevételével. Magyarország esetében az 1990-es évek végétől egyértelmű prioritások (kiemelt célok) voltak a települési hulladékgazdálkodás területén:

<sup>1</sup> Bizonyos lépések többször is megjelenhetnek vagy felcserélődhetnek egy rendszerben vagy hulladéktípustól, fajtától függően ki is maradhatnak. Egy termelő- vagy szolgáltatócég például rendelkezhet saját újrahasznosító vagy ártalmatlanító létesítményekkel, így csak olyan rendszer elemeket kell kiépíteni, melyek valóban szükségesek az adott telephelyen.

- a biztonságos, ellenőrzött hulladékkezelés rendszereinek kiépítése (különösen a vegyes gyűjtés teljes körűvé tétele, modernizálása és a biztonságos, koncentrált, a regionalitás elvének megfelelő hulladéklerakás)
- az újrahasznosítás egyes elemeinek e rendszerekbe illesztése (szelektív gyűjtési, előkezelési létesítmények)
- a korábbi időszak nagy környezeti kockázatot jelentő, legálisan vagy illegálisan létrehozott létesítményeinek ellenőrzése és szükség esetén például lerakók esetén azok utólagos szigetelése vagy **kármentesítése**.

Ugyanakkor települési, térségi, országos szinten az Európai Közösség már jól ismert, legfontosabb elvárásai a megelőzés és újrahasználat eszközeinek vonatkozásában nem, vagy csak az elvek szintjén jelentek, jelennek meg, például az újonnan kialakított regionális rendszerekben.

#### 4.5.3. A hulladékgyűjtés és -szállítás rendszerei

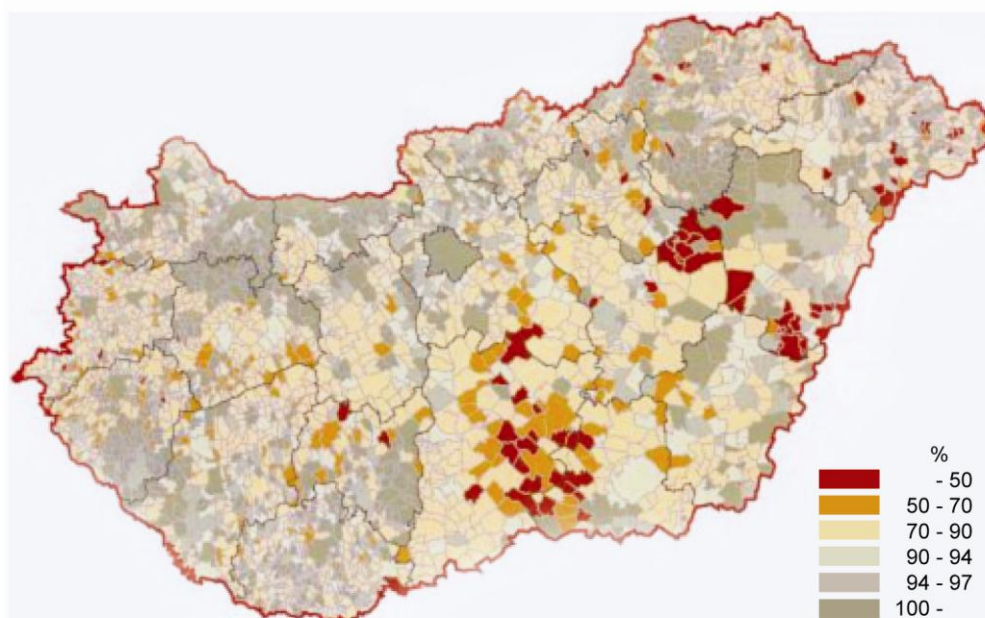
A gyűjtés, begyűjtés és szállítás rendszereinek kialakítása esetén nagyon fontos már a tervezés, majd a működtetés során több szempont tisztázása. Ezek közül a legfontosabbak:

- a maximális környezeti biztonság megteremtése,
- a pénzügyi gazdaságosság és rugalmasság kérdése beruházási, működtetési, utógondozási szempontból – vagyis hogy megfelelő munkaerő-, tőke- és eszközkombinációt hozunk létre a feladatok megoldására, melyek a lehető legalacsonyabb ráfordítással valósítják meg feladatukat (természetesen, ha a foglalkoztatás bővítése is kiemelt szempont, és egybe is esik gazdaságosság kérdésével, akkor ebbe az irányba célszerű elmozdulni). Ugyanakkor fontos szempont, hogy rendszerünkbe rugalmasan beépíthetőek legyenek új eszközök, gyűjtési módszerek. Például a hulladékdíj differenciálásához fontos a hulladék mennyiségének pontos ismerete, ehhez eltérő méretű gyűjtőedényzet, más eszköz (környezetbarát zsákok) biztosítása vagy a gyűjtőeszközök mérlegelési lehetőséggel való ellátása is egyaránt jó megoldás lehet,
- milyen mennyiségű és minőségű hulladékkal számolhatunk a tervezési időszakban (egészen más típusú gyűjtési, kezelési rendszert igényel például egy termelő üzemegység belső gyűjtési rendszerének, mint egy település rendszerének és szállítási kapcsolatának kialakítása),
- a hulladékok keletkezésének időbeli (például egy éven, egy héten belül) eloszlása,
- a hulladékok keletkezésének térbelisége és léptéke, hisz például egy nagyváros esetén is eltérő mennyiségű, minőségű hulladék keletkezhet a belváros sűrűn lakott, esetleg tehetősebb lakossággal bíró körzetéből, vagy a kertvárosias elővárosi körzetekből,
- a gyűjtés, szállítás módjainak (szelektív, vagy vegyes; közúti, vasúti, vízi) körültekintő kiválasztása, a további kezelési rendszerekhez és a jövőbeli fejlesztési módszerekhez illeszthetősége, jól érzékelhető például, hogy a nevezett rendszereket egyértelműen közúti szállítási formában hozzák létre, növelve ezzel egyéb környezeti terheléseket és szennyezéseket (például közúti levegő- és zajszennyezés). Pedig a távolságtól, meglévő adottságoktól függően bizonyos hulladékok esetén jelentősen növelhető lehet a vasúti, vízi, csővezetékes szállítás jelentősége,
- megfelelő mennyiségű, egységes, környezetbarát, tartósan használható eszközállomány beszerzése, akár előkezelési képességekkel (például tömörítőrendszerekkel felszerelt kukásautók),
- a gyűjtési eszközrendszer tervezett, biztonságos telepítése és használata.



Magyarországon például a települési szilárd hulladék szervezett vegyes gyűjtése 1990-ben, a lakások esetén, mintegy 65%-nál, 2000-ben 85%-nál, 2008-ban 92%-nál volt elérhető.<sup>2</sup> Ennek növelése ma már egyre nehezebb, hisz például a külterületeken élők (alföldi tanyás térségek, aprófalvas vagy más hátrányos helyzetű térségek, üdülőövezetek stb.) esetében gyakran nem gazdaságos a nagy távolság megtétele, és sokszor a megközelíthetőség is nehéz vagy lehetetlen. A fizetőképes megrendelők száma is lehet alacsony, mely a közszolgáltató cégnek jelenthet kockázatot. Ugyanakkor az is igaz, hogy a legtöbb esetben nem, vagy az évnek csak bizonyos szakában keletkezik olyan mennyiségű vagy minőségű hulladék, mely igényelné a klasszikus tömörítő kukásautókra alapozott gyűjtési rendszert. Itt egyértelműen a környezeti szemléletformálás és más típusú, koncentrált rendszerek kiépítése lehet az eszköz arra, hogy az itt élők ne saját hulladékgödreikben vagy erdők szélén, más külterületeken helyezték el a hulladékot. (4.5.6. ábra)

Rendszeres hulladékgyűjtésbe bevont lakások aránya, 2005



4.5.6. ábra: A rendszeres (vegyes) hulladékgyűjtésbe bevont lakások aránya 2005-ben hazánkban  
(Forrás: KSH Környezetstatisztikai évkönyv, 2005)

Izgalmas kérdés hazánkban a szelektív gyűjtés rendszereinek kiépítettsége, a lakosság számára történő elérhetősége, és az innen érkező települési szilárd hulladéknak a vegyes rendszerekből gyűjtöthöz viszonyított aránya is, bár erről az elérhető adatok és információk meglehetősen hiányosak.<sup>3</sup> A KVVM (Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium

<sup>2</sup> A közszolgáltatást 2002 óta minden településnek kötelező biztosítani.

<sup>3</sup> Ennek oka az is, hogy leggyakrabban az összes keletkezett hulladékhoz vagy hulladékfajtánként (üveg, műanyag, biológiailag lebomló, elektronikai stb.) viszonyítják az újrahasznosítás arányát. Így viszonylag ritkább az olyan adat, ami eredet szerint, hulladéktípusonként, például települési, kommunális szinten mutatná ezt. Kivétel az Országos Hulladékgazdálkodási Terv (OHT), mely szerint 2000-ben a települési szilárd hulladék 3%-a került csak újrahasznosításra, 2008-ban pedig 15,2% (OHT II.) volt ez az érték. Ezzel szemben 2000-ben a mezőgazdaságban és élelmiszeriparban 35%, az iparban (nem veszélyes) 29%, 2008-ban 46,5 (Agrárgazdaság), 33,8 % (ipar) volt az újrahasznosítás aránya. A veszélyes hulladékok újrahasznosítási aránya 2000-ben 20, 2008-ban 23,3% volt.

2002–2010) adatai szerint a 2000-es évek közepén (2004) összességében 4,2 millió lakos számára volt adott a lehetőség főleg szelektív gyűjtőszigetek formájában (közel 500 településen mintegy 4000 sziget, 74 hulladékgyűjtő udvar) az elkülönített gyűjtésben való részvételre. Bár sok esetben ez nem jelentette a kívánatos mértékű infrastruktúrát, vagyis azt, hogy a gyűjtősziget 200 méteren belül elérhető legyen a lakos számára (a Települési Szilárd Hulladékgazdálkodás Fejlesztési Stratégiája, 2007–2016). A bővítés és fejlesztés azóta is folyamatos, ám több szakértő is megkérdőjelezi az adatok pontosságát, hisz az akkor és azóta kiépített kapacitás (2004: 105 ezer tonna/év) valóban csak 60 000 tonna szelektíven gyűjtött hulladékot produkál átlagosan évenként (Szilágyi L., 2010), a hazai átlag 4,6 millió tonnából (összes települési szilárd hulladék). Kétségtelen, hogy napjainkban a települési szilárd hulladékokból szelektíven gyűjtött mennyiségben sokkal nagyobb aránnyal képviseltetik magukat azok az intézmények (cégek, vállalatok, kereskedelmi és egyéb szolgáltató létesítmények), ahol külön is, vagy koordináló szervezettel folyik szelektív gyűjtés, és a települési szilárd hulladék egyharmadát (1,5 millió tonna/év) produkálják átlagosan.

#### 4.5.4. A hulladékok előkezelése és tárolása

Az előkezelés lényege, hogy a hulladék veszélyessége és mennyisége csökken, könnyebben kezelhetővé válik. Az előkezelési eljárások, figyelembe véve a hulladékok sokféleségét, igen változatosak lehetnek, és gyakran kombinálhatják is ezeket. A leggyakoribbak a **fizikai eljárások**, melyek a hulladék fizikai szerkezetét, alakját, térfogatát változtatják meg. Például ilyen lehet az alakítás sajtolással, tömörítéssel, a szétválasztás rostálással, osztályozással, az egyesítés brikettálással, keveréssel. A **kémiai eljárások** közül kiemeljük például a semlegesítést, a csapadékos leválasztást (mérgezőfém-tartalmú oldatok tisztítására), az oxidációt. A **biológiai előkészítési vagy ártalmatlanítási eljárások** közül a legismertebbek a komposztálás, a biogáztermelés, melyek nagy szervesanyag-tartalmú, szelektíven gyűjtött hulladékoknál alkalmazhatóak elsősorban. Bizonyos fémek is kinyerhetőek biológiai úton. Kombinált módszer az úgynevezett beágyazás, mely folyékony és iszapállagú veszélyes hulladékok vázképző anyagokkal (cement, mészpernye stb.) történő keverését jelenti, szilárd és biztonságosan kezelhető szilárd anyag előállítására céljából.

A kombinálásnak további jó példája egy napjainkban egyre inkább elterjedőben lévő hulladékkezelési eljárás, az úgynevezett mechanikai-biológiai hulladék-előkezelés (MBH). A lényege, hogy a vegyesen gyűjtött szilárd hulladékot először előkészítik (például fémelválasztás mágnesezéssel), aprítják, majd biológiailag stabilizálják (prizmákban, fedett állapotban néhány hétig levegő befűvésével, áramoltatásával a szerves bomlási folyamatokat felgyorsítják, így jelentős mennyiségű vízgőz és szén-dioxid távozik). Ezután rostálással, tömörítéssel előállítják azt a másodtüzelő anyagot, mely együttegetéssel, például cementművekben, hőerőművekben, megfelelő ellenőrzés mellett elégethető vagy lerakókban lerakható. Az eljárás előnyei: tömeg- és térfogatcsökkenés érhető el, az anyag stabil hulladékká válik (bomlás a továbbiakban nem okoz gondot, lerakás esetén sem), a maradékanyag másodtüzelő anyagként felhasználható (fűtőértéke nő). Egyik nagy hátránya az üvegházgáz keletkezés, mely más kezelési, ártalmatlanítási módoknál is probléma, ugyanakkor a nagyságrendileg nagyobb üvegházhatású metán így alig keletkezik (anaerob körülmények kialakulása nem jellemző).

A szelektíven gyűjtött szerves hulladékok előkezelési eljárásai közül a házi komposztálást kell kiemelni, hisz megfelelő képzés, szemléletformálás és támogatás (például komposztálókeretek átadása) után az egyes háztartásokban maradhat és újrahasznosításra kerülhet a települési szilárd hulladék akár 30-40%-a (kerti, konyhai hulladék), így a további

költséges kezelésre nincs szükség. Kétségtelen, csak bizonyos településszerkezet és beépítés mellett alkalmazható, hisz sűrűn beépített belvárosi környezetben szükség van külön szelektív gyűjtésre és nagy kapacitású komposztálóművek létrehozására. Ugyanakkor a közterületekről (parkok, kertek) begyűjtött szerves bomló hulladék is egyre több esetben kerül ilyen komposztálóművekbe. Budapesten például a legnagyobb komposztáló telephelyet a fővárosi zöldfelületeket kezelő Főkert Rt. működteti.

A(z) (átmeneti) tárolás oka sokféle lehet, hisz a hulladék tulajdonosa valamilyen megfontolásból, például az adott szelektíven gyűjtött hulladék (műanyag, fém, üveg, textil stb.) piaci árának változására várva tárolja az adott hulladékot. Más ok lehet a megfelelő kezelési eljárás vagy elérhetőségének hiánya is. Nagyon fontos, hogy a tárolóterek biztonságáról, adott esetben monitorozásáról a tulajdonos köteles gondoskodni.

Bizonyos veszélyes hulladékok esetén lehet például nagy jelentősége a tárolásnak azok újrahasznosítása vagy ártalmatlanítása előtt. A paksi atomerőmű nagy aktivitású, kiégett fűtőelemeit például egyrészt öt évig tárolják megfelelő technológiák mellett biztonsági okokból (míg a sugárzás valamelyest csökken) az erőmű területén. Az is igaz, hogy a jelenben nincs is biztonságos ártalmatlanítási mód, hiszen a korábbi orosz partner már nem veszi át ezeket a fűtőelemeket, a Bataapátiban készülő nagy aktivitású, fokozott biztonságú tároló pedig 2040 körül lesz kész. Így a kiégett fűtőelemeket az 1990-es évek óta az erőmű területén tárolják.

#### 4.5.5. A hulladékok ártalmatlanítása és a hulladékkezelési létesítmények utógondozása

A hulladékkezelési eljárások végső lépése, ha a megelőzés, az újrahasználat és az újrahasznosítás lehetőségeit már kimerítettük. Lényege, hogy a hulladék környezetet szennyező, károsító hatásait megszüntetjük, de érthetjük rajta a hulladékok kizárását, mely megvalósítható a hulladék környezeti elemektől történő elszigetelésével és/vagy anyagi minőségének megváltoztatásával. Itt is megkülönböztethetünk különféle típusú eljárásokat (akár csak az előkezelésnél): biológiai, kémiai, fizikai típusúakat. Ugyanakkor a legismertebb és leggyakrabban alkalmazott módszerek: a termikus és rendezett lerakással történő ártalmatlanítás.

**A termikus kezelésnek is két fajtáját ismerjük: az égetést és a hőbontást (pirolízis).** A pirolízis során a szerves anyagú, sokszor veszélyes hulladék nagy hőmérsékleten (450–1700 °C, technológiától függően), de oxigénmentes környezetben történő vegyi lebontása. A technológiák közös jellemzője, hogy jelentős mennyiségű további energiahordozó égetését igénylik. Hátrányként szokták még említeni a keletkező füstgázok veszélyes voltát. Előnye lehet viszont, hogy a végtermékek (például bizonyos szénhidrogének) értékesíthetőek.<sup>4</sup>

**Az égetés** során az arra alkalmas, nagyobb szervesanyag-tartalmú hulladékot elégetjük, melynek során a szerves alkotók gázokká és vízgőzzé alakulnak, és füstgázként távoznak, az éghetetlen szervesanyagok pedig salak, illetve pernye formájában visszamaradnak. A jó hatásfokú égetéshez megfelelő hőmérséklet, megfelelő áramlási viszonyok és tartózkodási idő szükséges. A változatos összetételű és típusú hulladékok égetése meglehetősen bonyolult technológiát igényel. Általában ezért különítik el a veszélyes hulladékokat és a települési szilárd hulladékokat égető létesítményeket, illetve azokat a létesítményeket (ce-

<sup>4</sup> Kísérletek folynak továbbá a 3000–10 000 °C-on, plazmasugárral történő hőbontás alkalmazására is, elektromos energiával. Számos, különösen veszélyes hulladék (pl. azbeszt, fémiszapok, klórtartalmú oldószerek) ártalmatlanítására kínálhat ez biztonságos, de nagy költségű megoldást.

mentmü, erőmű), ahol ellenőrzött körülmények közt lehet települési hulladékokat együtt-égetni más energiahordozókkal. A füstgáz és a visszamaradó anyagok összetétele is nagyon változatos lehet, így számos esetben tartalmazhat egészségre, természeti környezetre veszélyes anyagokat, melyek biztonságos kezelése ma már alapkövetelmény.

A hulladékégetőket támogatók a következő fő érveket szokták a létesítmények mellett megemlíteni (Zimler, 2003 alapján):

- a **hulladékok térfogata és tömege jelentősen lecsökken** (a Rákospalotai Hulladékhasznosító Müben (HUHA) például mintegy negyedére),
- a **tartózkodási idő rövid**, szemben a lerakókkal, így a problémákat nem hárítja a jövő generációira,
- a **hőenergia megfelelő technológiával hasznosítható, és villamosenergia is termelhető** (energia visszanyerése), így mérsékelhetőek az egyébként nagy beruházási és működtetési költségek,
- a **veszélyes kibocsátások megfelelő beruházások kiépítése esetén ellenőrizhetőek, tisztíthatóak, szabályozhatóak, technológiailag kezelhetőek**, így a környezeti kockázat jelentősen csökken,
- a **keletkező pernyék és salakanyagok stabilak**, tovább már nem bomlanak, ez a lerakásnál előnyt jelent,
- **kis területigényűek (a lerakókkal szemben)**.

Ezzel szemben az ellenzők érvei egyértelműen az égetőművek fejlesztése és alkalmazása helyett a megelőzés, újrahasználat, újrahasznosítás rendszereinek fejlesztését támogatják (Szilágyi L., 2010 nyomán):

- „**A hulladékégetés az „eldobás gondolkodásmódot” igazolja.** A hulladékégetés azt a látszatot kelti, hogy a hulladék „eltüntethető”, illetve gazdaságosan ártalmatlanítható, így tehát nem kell visszafognunk a hulladéktermelésünket, a fogyasztásunkat. Ez a fajta hulladékgazdálkodási mód háttérbe szorítja a hulladékmegelőzésre, illetve csökkentésre irányuló törekvéseket.” (Szilágyi L., 2010). Ugyanakkor jelentős anyagi forrásokat köthet le, mely gátolhatja a megelőzés, újrahasználat, és újrahasznosítás számára megfelelő források biztosítását.
- „**Az égetéssel értékes másodnyersanyagokat pazarolunk el.** Az égetés során a potenciális nyersanyagoknak csak energiataralmuk hasznosul, az anyag legyártásába fektetett munka elvész. A hulladékok elégetésével több energiát semmisítünk meg, mint amennyit nyerünk, ráadásul az égetőművekben termelt elektromos áram jelentős részét sokszor maguk a létesítmények fogyaszthatják el. Ezzel szemben az újrahasznosítás energiát takarít meg azáltal, hogy csökkenti az elsődleges erőforrások iránti igényt. Összességében, ha az anyagokat égetés helyett újrahasznosítjuk, átlagosan 3–5-szörös energiamennyiség takarítható meg.” (Szilágyi L., 2010)
- **Az égetés számos egészségkárosító anyag kibocsátásáért felelős** „Az égetőművekből származó szennyezés hátrányosan érinti mind a létesítményben dolgozó, mind a közelben és távolabb élő emberek egészségét, ráadásul a szennyezés az érintett növény- és állatvilágot is károsíthatja. A hulladékégetők veszélyes anyagokat, többek között dioxinokat, nehézfémeket, nitrogén-oxidokat, kén-oxidokat, koromszemcséket és számos illékony szerves vegyületet bocsátanak ki a légkörbe.<sup>5</sup> A *dioxinok* rákkeltő és el nem bomló szerves szennyező anyagok, a tudomány által ismert anyagok közül a legmérgezőbbek közé tartoz-

<sup>5</sup> A hulladékégető tűzterében ellenőrizhetetlen kémiai folyamatok játszódnak le: az állandóan változó összetételű, nedvességtartalmú hulladékban lévő vegyi anyagok reakciója követelhetetlen. Ráadásul a kéményből távozó füstgáz pontos összetétele nem is ismert.

nak. A szűrőberendezések általában nem „tüntetik el” a szennyező anyagokat, csak megkötik és koncentrálnak ezeket, így ezek kezeléséről, már veszélyes hulladékként, gondoskodni kell.” (Szilágyi L., 2010)

– **Az égetés az egyik legköltségesebb hulladékkezelési megoldás.** Az égetés rendkívül bonyolult technológia, amely komoly tőkebefektetést igényel, magas üzemeltetési költségekkel jár, és ráadásul kevés munkaeerőt igényel a nagyfokú gépesítés, automatizálás miatt. Minél hatékonyabb a szennyező anyagok kiszűrése, annál magasabbak a költségek. Az újrahasznosító és komposztálólétesítmények sokkal olcsóbbak, mint az égetőművek. Más oldalról a lerakókkal összehasonlítva, Magyarországon például, az 1990-es évek végén megépített Pusztazámori Regionális Hulladékkezelő Központ (az ország legnagyobb hulladéklerakója) teljes beruházási költsége 3,5 milliárd forint volt<sup>6</sup>, míg a Rákospalotai Hulladékégető rekonstrukciója és a füstgáztisztító komplex rendszer összes költsége mintegy 20 milliárd forint volt 2004–2005-ben.

– **A hulladékégetők nem váltják ki a lerakókat.** A hulladékégetés során rendszerint veszélyes hulladék keletkezik (pl. leválasztott szennyező anyagok), amit veszélyeshulladéklerakókon kell elhelyezni, és nagy mennyiségű salak, ami problémás hulladék (2002 előtt veszélyes hulladék kategóriájú volt). Lerakókra tehát égetés esetén is szükség van – ez természetesen tovább növeli az égetés költségeit.

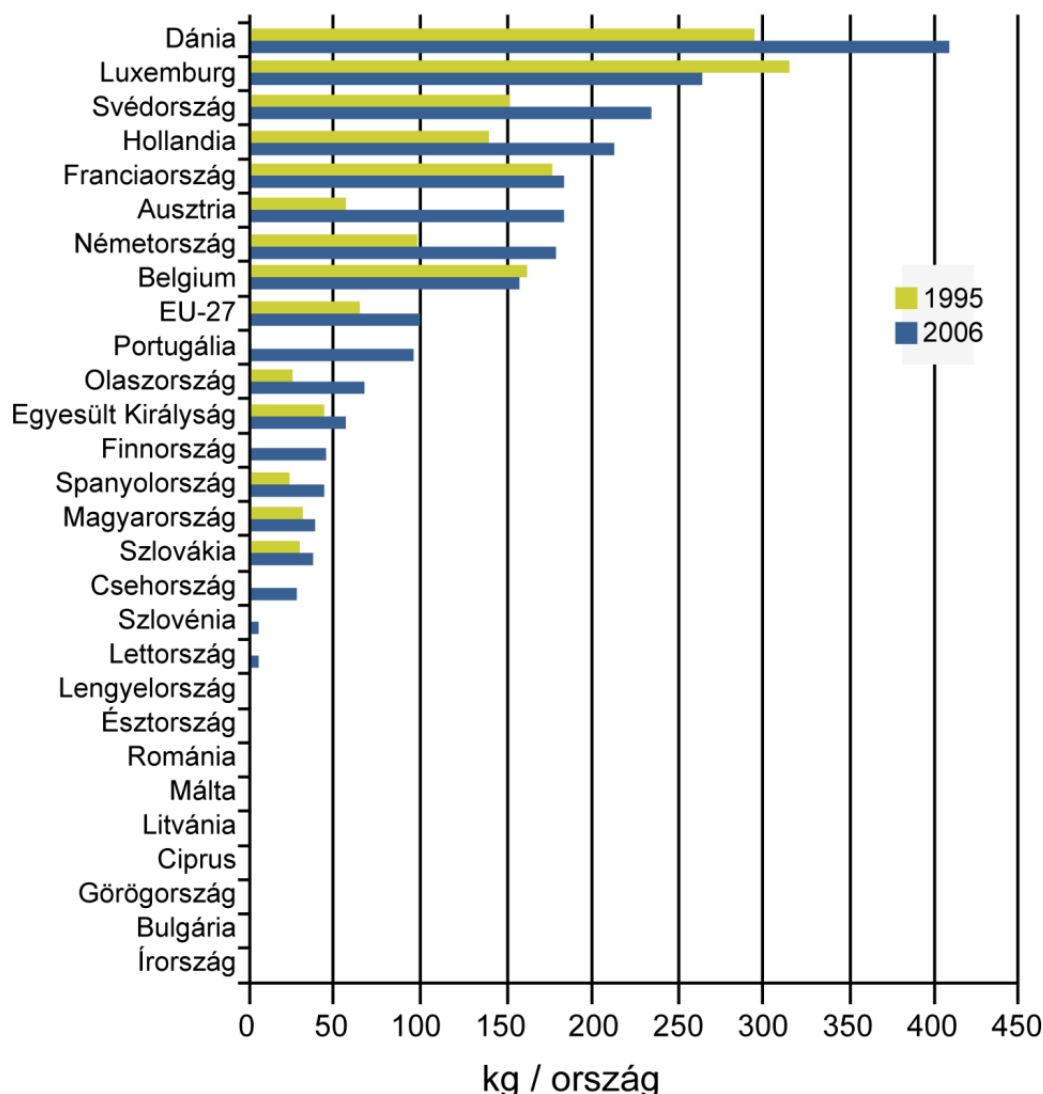
– **Az égetés központosított hulladékrendszert igényel.** A nagy égetőművek rendszerint nagyvárosokat vagy nagyobb földrajzi területeket szolgálnak ki, és működésükhöz folyamatos és megfelelő összetételű „hulladék-utánpótlást” igényelnek, így a hulladékok csökkentése, újrahasznosítása ellenében hatnak.

A jelenlegi európai folyamatokat tekintve az égetett hulladékok aránya (az újrahasznosítottakhoz képest ugyan kisebb mértékben) növekszik (4.5.4. ábra). A leggazdagabb európai országok (Németország, Dánia, Hollandia, Belgium) egyértelműen az újrahasznosítás mellett, az égetőműves nemzeti rendszereket fejlesztik, a lerakókból álló technológiákkal szemben, mely inkább a kelet-közép-európai és a mediterrán országok jellemző kezelési, ártalmatlanítási módja. (4.5.5. ábra) A jelenlegi (2008-as) égetési arány az összes európai települési szilárd hulladéknál 20% (1 főre 102 kg), hazánkban (Rákospalota révén) mintegy 9% (1 főre 39 kg) (4.5.8. ábra).

**A hulladéklerakás** mint ártalmatlanítási módszer, hazánkban a települési folyékony hulladék kivételével minden hulladéktípus esetén a legnagyobb arányban alkalmazott kezelési eljárás. Ennek fő oka a más kezelési módszerekhez viszonyított olcsósága a jelenlegi közgazdasági viszonyok közt. Alapvető célja a lerakott hulladéktest biztonságos elszigetelése, hosszú időtávra, a veszélyeztetett környezeti elemektől. Az egyik legfontosabb elem, melynek továbbjutását meg kell gátolni a talajba, felszín alatti, felszíni vizekbe: a csapadékvízből származó, a hulladéktestből (annak összetételétől függően) veszélyes anyagokat (szerves anyagok, szervesetlen tápanyagok, nehézfémek, fertőző baktériumok) kioldó **csurgalékvíz**. Ezenkívül a hulladéklerakók nagy levegőterhelést valósítanak meg, hisz a bomló szerves összetevőkből **üvegházgázok**: szén-dioxid, metán (utóbbi anaerob környezetben bekövetkező bomlás esetén) keletkeznek. A metán megfelelő koncentráció (50-60% felett) esetén hő- vagy villamosenergia-termelésre is hasznosítható. Ennek természetesen előfeltétele **a gyűjtő- (kutak, vezetékek) és hasznosító- (biogázmotorok, kazánok) rendszerek** telepítése. Más levegőterhelési tényezők lehetnek az **üledő- és szálló porok és a bűz**. **A zajhatás** a telep működése során jelentős lehet. Napjainkban éppen ezért a

<sup>6</sup> A településnek fizetett kompenzáció, egy autópálya-csomópont az M7-esen, egy új települési bekötőút költsége további 2,5 milliárd forint volt.

környezetterhelések felmérésére kötelező **monitoring-rendszerek** (levegőtisztaság-védelmi, zajvédelmi, talajokat, felszíni, felszín alatti vizeket mintázó) telepítése is a lerakók területén és környezetükben.



4.5.8. ábra Az étetéssel történő hulladékártalmatlanítás az egyes európai országokban 1995, 2006 (kg/fő)

(Forrás: Energy, transport and environment indicators Eurostat Pocketbooks 2008.)

**Kizáró tényezők** a lerakók tervezésénél, vagyis nem létesíthető hulladéklerakó a következő adottságú területeken:

- földtani szempontból például:
  - erózióveszélyes területen,
  - a földtani közeg mozgása által veszélyeztetett területen (lejtős tömegmozgások),
  - földrengésveszélyes területen,
  - talajtani szempontból: a mezőgazdasági művelésre alkalmas közepes vagy annál jobb minőségű (közepes vagy magas aranykorona-értékű) területen,
- vízrajzi és vízföldtani szempontból:

- kiemelten érzékeny, felszín alatti vízminőség-védelmi területen, (például nyílt és fedett karsztok, jelenlegi és távlati vízbázisok védőterületei),
- árvíz- és belvízveszélyes, továbbá ármentesítéssel nem rendelkező területen,
- álló és folyóvizek, mocsarak 500 méteres parti sávjában,
- olyan területen, ahol nem teljesül az a feltétel, hogy a felszín alatti víz maximális nyugalmi, illetve nyomásszintje legalább 1,0 m-rel mélyebben van, mint a lerakó szigetelőrendszerének fenékszintje,
- természet- és kulturálisörökség-védelmi szempontból:
  - természeti területen (erdő, gyep, nádas művelési ág), védett és fokozottan védett természeti területen, valamint az európai közösségi jelentőségű (NATURA 2000) területen,
  - védetté nyilvánított régészeti lelőhelyen, műemléki ingatlanon, műemléki környezetben és műemléki jelentőségű területen,
- gazdasági-társadalmi szempontból:
  - energiaszállító vezetékek védősávjában,
  - működő, illetve felhagyott mélyművelésű bánya felszakadási területén,
  - települések közvetlen közelében (kötelező védőtávolság van előírva),
  - katonai területeken.

2005-re fejeződött be a Magyar Állami Földtani Intézet (MÁFI) vezetésével az a vizsgálat, ahol kizárásos alapon az ország teljes területére elvégezték a lerakónak alkalmas területek kijelölését. 825 kisebb-nagyobb területet jelöltek ki potenciális lerakóterületnek, és több szempontból minősítették is ezeket. Így alapkutatásként az adatbázis rendelkezésre áll a területek részletes, terepi vizsgálatához.

A hulladéklerakók többféle módon is csoportosíthatóak. A lerakandó hulladék minősége és az előkezelés módja szerint a jelenlegi európai és hazai szabályozás három fajtájukat különbözteti meg:

- a veszélyeshulladék-lerakót
- a nem veszélyeshulladék-lerakót
- az inerthulladék-lerakót (stabil építési, bontási hulladékok számára).

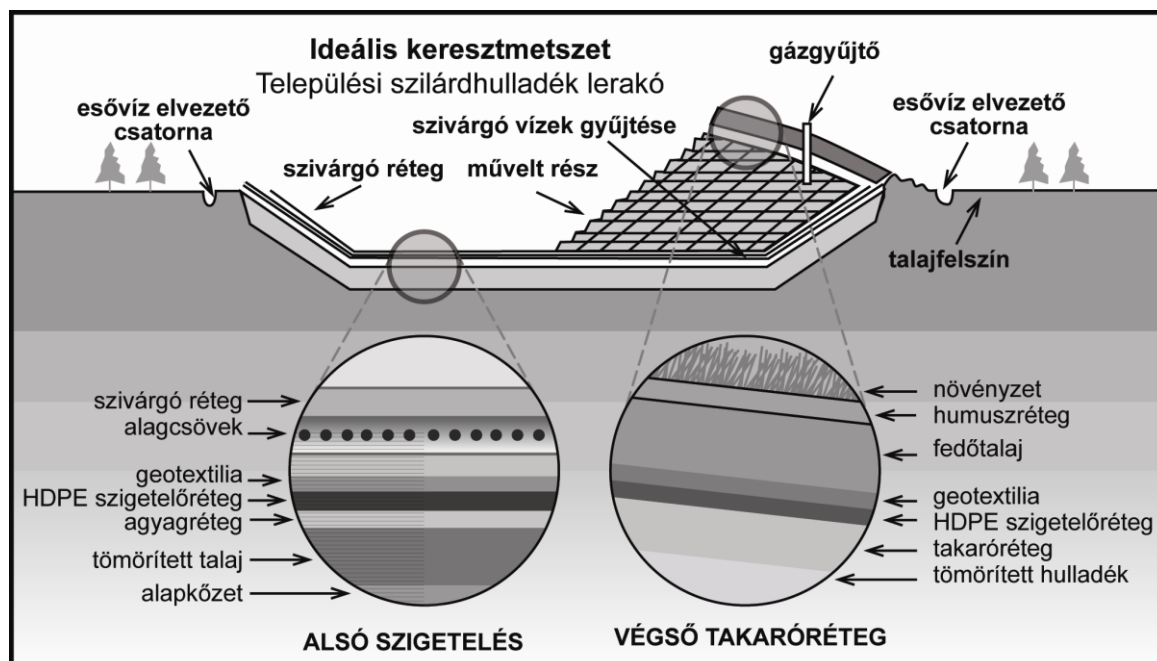
Mindegyik típusú hulladéklerakónál érvényben lévő elvárás, hogy megfelelő vastagságú **természetes védőréteggel**, talajjal (magas agyagtartalommal) rendelkezzen a csurgalékvizek leszivárgásának meggátlására. Ezen kívül **mesterséges szigetelőrendszer** kiépítése is kötelező (alapja a minimum 2,5 mm vastagságú HDPE-fólia) az első két típusnál. (4.5.9. ábra) A HDPE-fólia, illetve a természetes védőréteg (inert lerakó) felett mindegyik típusnál a csurgalékvizek elvezetésére kötelező ún. **szivárgó réteget** (osztályozott kavicsból és homokból) kell kiépíteni, és az elvezetett csurgalékvizet kezelni kell. Az inerthulladék-lerakónál nem, a másik két típusnál kötelező kiépíteni egy **szenzorrendszert**, mely az épített szigetelőrendszer hibáit, szakadását hivatott jelezni. (4.4. táblázat) A telepítés során nagyon fontos a megfelelő, de típusonként eltérő védőtávolságok betartása.

	VESZÉLYES- HULLADÉK- LERAKÓ	NEM VESZÉLYES- HULLADÉK- LERAKÓ	INERT- HULLADÉK- LERAKÓ
a természetes védőréteg (magas agyagtartalom) vastagsága	5 méter	1 méter	1 méter
a természetes védőréteg szivárgási tényezője	$10^{-9}$ m/s	$10^{-9}$ m/s	$10^{-7}$ m/s
épített mesterséges szigetelőréteg	előírt (dupla)	előírt	nem előírt
szivárgó réteg	előírt	előírt	előírt
szenzorrendszer	előírt	előírt	nem előírt
védőtávolság településtől	1000 méter	500 méter	300 méter

4.4. táblázat: A fő lerakótípusok alapvető jellemzői, követelményei  
(Saját szerkesztés a 20/2006. KVVV rendelet alapján)

Másik csoportosítási mód a lerakók esetén a feltöltés módja szerinti csoportosítás. Így megkülönböztetünk:

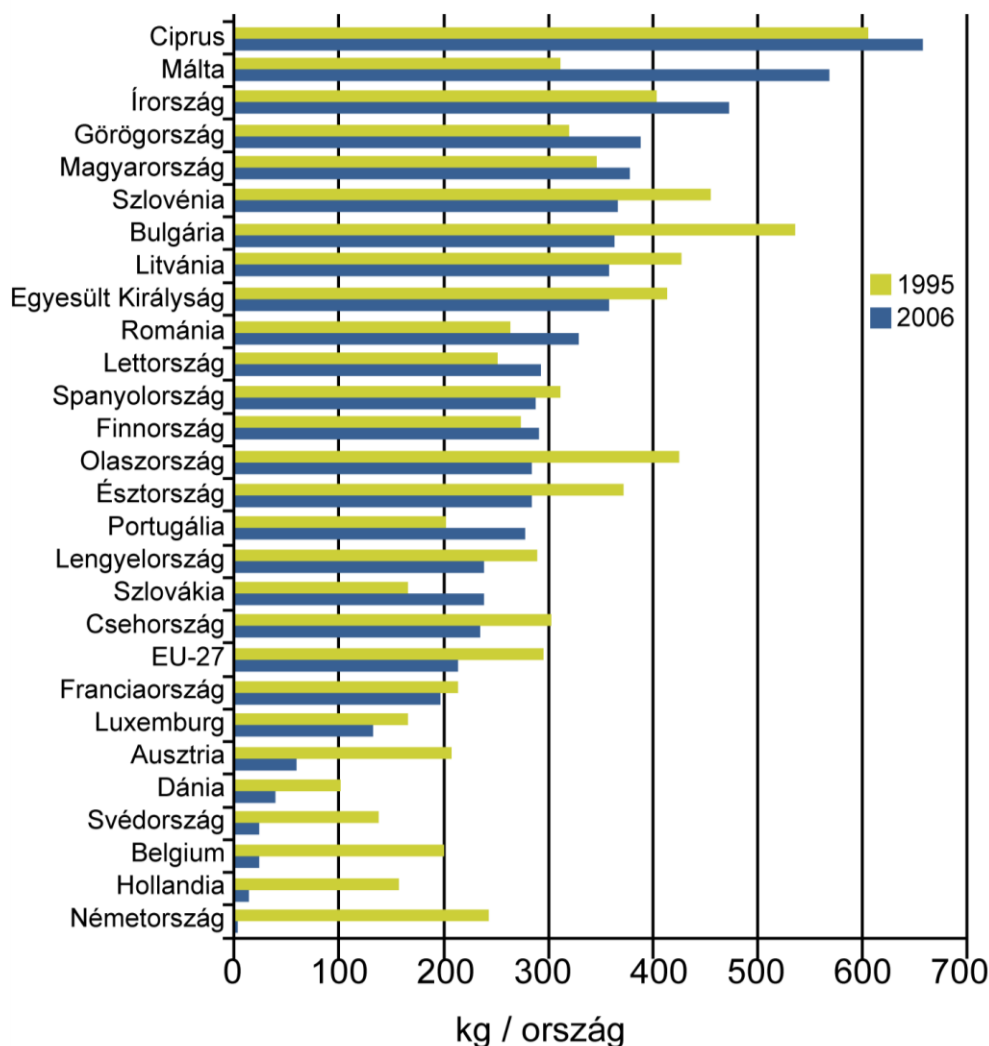
- gödördepóniát (például felszín közeli bányagödrök feltöltésével jön létre),
- védőgáttal kiemelt földmedencét (a kimélyített medence köré védőgátak telepítésével lehet növelni a lerakó kapacitását),
- hányószerűen kialakított depóniát (dombépítési technológia), ahol síkvidéken akár 70-80 méter magas dombot is építenek a hulladékból,
- lejtőoldalnak támaszkodó (völgyfeltöltéses) depóniát az arra alkalmas orográfiajú területeken.



4.5.9. ábra: Egy ideális települési szilárdhulladék-lerakó alsó és felső rétegrendje  
(Forrás: Szilágyi L., 2010)



Ha a hulladéklerakással kapcsolatos nemzetközi adatokat megfigyeljük (4.5.10. ábra), látható, hogy az Európai Unióban az elmúlt másfél évtizedben jelentősen, 296 kg/fő-ről (1995) 213 kg/fő-re (2006), illetve 207 kg/fő-re (2008) csökkent a lerakott települési hulladék mennyisége. Hazánkban ezek az értékek 346 kg/fő (1995), 404 kg/fő (1999), 376 kg/fő (2006), 333 kg/fő (2008), vagyis Magyarországon a lerakott 1 főre jutó települési hulladékmennyiség csak 1999 után kezdett csökkenni, és jelenleg is több mint másfélszerese az európai átlagnak. Így Magyarország 5. az európai ranglistán Ciprus, Málta, Írország, Görögország után.



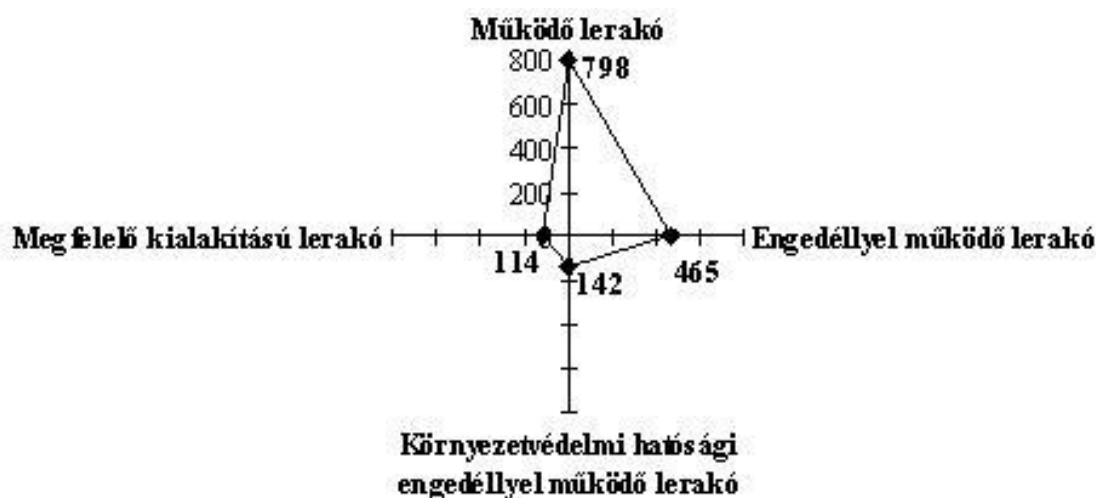
4.5.10. ábra: A lerakott települési szilárd hulladékok egy főre jutó tömege az EU egyes tagországaiban 1995, 2006

(Forrás: Energy, transport and environment indicators Eurostat Pocketbooks 2008.)

A hulladéklerakók betelése esetén gondoskodni kell azok bezárásáról és utógondozásáról. Ez a következő fő beavatkozásokat, tevékenységeket jelenti:

- a lerakóterek felső szigetelésének, fedésének megvalósítása (4.5.9. ábra)
- a monitoring- (és szenzorrendszerek) kialakítása vagy további (20-30 évi) működtetése
- a keletkező biogáz (metán) további hasznosítása, vagy biztonságos ártalmatlanítása fáklyázással.

Egy, a 2000-es évek elején hazánkban EU-s támogatással elvégzett felmérés szerint 2232 nem üzemelő, rekultiválandó települési lerakót mértek fel az ország területén. Ezek biztonságos rekultiválása óriási feladatot jelent az új regionális hulladékkezelési társulásoknak, de a program kisebb-nagyobb problémákkal terhelve folyamatosan halad. A működő lerakók száma 2001-ben 798 volt (4.5.11. ábra), de ebből csak 114 volt az új hazai jogszabályok teljesítésére alkalmas, biztonságosan szigetelt és monitorozott létesítmény. Éppen ezért 2009 nyaráig minden olyan lerakót be kellett zárni, mely nem felelt meg az új, szigorúbb jogszabályi követelményeknek (illetve bezártak azok, melyek közben beteltek). A jelenlegi tervek szerint mintegy 70 nagykapacitású, biztonságos lerakó lesz a hazai hulladékártalmatlanítás alapja az elkövetkező évtizedben.



4.5.11. ábra: Magyarország települési szilárdhulladék-lerakóinak száma és jellemzői 2001-ben  
(Adatok forrása: OHT)

#### 4.6. A hulladékokkal kapcsolatos további választintézkedések

Az alább vázlatosan bemutatott legfontosabb társadalmi-gazdasági tevékenységek (választintézkedések) segítik ma már az integrált hulladékgazdálkodási tevékenység megvalósítását.

##### a) A környezeti tervezés

A korszerű hulladékgazdálkodásban ma már fontos szerepe van az alapos állapotfelmérés után az adott tervezési időszakra meghatározott hulladékgazdálkodási célok, prioritások kijelölésének, ehhez pedig eszközök és felelősök hozzárendelésének. Példaként látható az első Országos Hulladékgazdálkodási Terv újrahaznosításra vonatkozó két célkitűzése:

- a csomagolási hulladék hasznosításában 2005-ig 50%-os hasznosítási arány elérése (teljesült),
- a települési hulladék biológiailag lebomló szervesanyag-tartalmának 2007-ig 50%-ra, 2014-ig 35%-ra csökkentése (az első cél nem teljesült).

Fontos tevékenység a tervezési időszak leteltével a megvalósulás értékelése is. Ezeket napjainkban környezeti tervezési dokumentumokban, értékelésekben rögzítik.

A tervezés szintjei hazánkban:

- országos (Országos Hulladékgazdálkodási Terv I. (2003–2008) II. (2009–2014)),
- regionális – tervezési-statisztikai rézionként (regionális hulladékgazdálkodási tervek),
- települési szint – településenként, kis települések esetén körjegyzőségenként (települési hulladékgazdálkodási tervek).

### b) A hulladékok mérése és nyilvántartása

A környezeti, hulladékgazdálkodási tervezés és a megvalósítás alapja a pontos adatszolgáltatás és értékelés. Az adatok felhasználása történhet például:

- a hulladékterhelések vagy a környezet állapotának jellemzésére,
- hatósági ellenőrzésekhez,
- azonos típusú vagy fajtájú hulladékok összesítésére, hosszú idősorok összeállításával tendenciák bemutatására,
- konkrét hulladékkezelési feladatok tervezésére, megvalósítására,
- prognózisok, jövőképek készítésére.

Magyarországon a nyilvántartás pontossága az elmúlt két évtizedben növekedett, de továbbra is hiányosságokkal, pontatlanságokkal terhelt. Ennek fő okai:

– Az adatok **egy részét számításokkal, becslésekkel** állapították meg, Például a települési folyékony hulladékok országos tömege az 1990-es években minden évben (!) (az elfogyasztott vízmennyiség alapján kalkulálva) 20 millió tonna volt a KSH szerint.

– Gondot okozott például, hogy **a mértékegységek és az adatgyűjtési módszerek megváltoztak**. Jó példa erre, hogy a települési szilárd hulladékok esetén 2000 után térfogatra vonatkozó mértékegység helyett tömegadatokat gyűjtenek az adatgazdák. A korábbi adatok átváltása bizonytalanságokkal terhelt, a hulladék összetételének változása miatt. Az átvett európai rendszer (EWC – Európai Hulladék Katalógus) kategóriáiban eltérő, mint a korábbi magyar rendszer. Így számos hulladékfajta került átsorolásra, például a veszélyes hulladékok mennyisége 2001-ről 2002-re e változás miatt felére csökkent (3,4 millióról 1,7 millió tonnára). A veszélyes hulladékok közül kikerült például a vörösiszap, illetve bizonyos élelmiszer- és villamosenergia-ipari égetési hulladékok.

– Különbféle adatgazdák **eltérő gyűjtési rendszerei és a feldolgozás különbözőségei** szintén sok pontatlanság alapjai voltak. 2004 előtt például a veszélyes hulladékokról a pontosnak tekinthető nyilvántartást a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, a termelési nem veszélyes hulladékok esetén a nem teljes körű, felszínes, bár sokak által reprezentatívnek tekintett rendszert a Gazdasági és Közlekedési Minisztérium működtette. A KSH gyűjtötte és értékelte a települési szilárd és folyékony hulladékok bevallásait, sok esetben számításokkal, becslésekkel kiegészítve. Sokszor azonos adatgazda különböző kiadványaiban eltérő értékek szerepeltek adott év azonos hulladékkategóriáira. Teljesen egyet lehet érteni Munkácsy Béla azon megállapításával, hogy „(...) hazánkban is csak 2003 óta írja elő kormányrendelet a hulladékokkal kapcsolatos nyilvántartási és adatszolgáltatási kötelezettséget. Azt is látni kell, hogy a szabályozás sem javított jelentősen a helyzeten. Szomorú tapasztalataink azt támasztják alá, hogy különféle okokból – de általában valamilyen gazdasági érdektől vezérelve – az érintettek jó része még mindig nem a valóságnak megfelelő adatokkal dolgozik – különösen a **mennyiség** tekintetében vannak problémák.” (Munkácsy B., 2010). 2004. óta egységes rendszerben gyűjtik a hulladéktermelők és -kezelők bevallásait (OKIR-HIR), de itt is tapasztalhatóak bizonytalanságok. Például bizonyos adatközlők hol szerepelnek, hol eltűnnek a statisztikákból, pedig működésük minden évben igazolható. Ebből is érzékelhető, hogy **a kötelezettek sem minden esetben szolgáltatnak pontos adatokat**.

**c) A hulladékgazdálkodási beruházások és működtetés finanszírozása** Nemzetközi és hazai léptékben is sokszereplős (állam, önkormányzat, nemzetközi és hazai pénzügyi alapok, illetve vállalkozások, fogyasztók, hulladékkezelési vállalkozások stb.) tevékenység a megosztott felelősség elve alapján. Természetesen kiemelt a hulladék tulajdonosának felelőssége, de meg kell említeni, hogy a szigorodó nemzetközi és nemzeti elvárások telje-

sítésére (főleg beruházásokra) számos és jelentős súlyú európai uniós, állami finanszírozási forrás áll rendelkezésre, például hazánkban az új regionális hulladékkezelő rendszerek megvalósítására. A rendszerek működtetését általában a hulladéktermelők (vállalkozások, fogyasztók) finanszírozzák. Ugyanakkor arról sem szabad megfeledkezni, hogy ebben az erősen szabályozott környezeti piac szegmensben számos profitorientált vállalkozás is működik.

#### **d) A környezetvédelmi igazgatás feladatai**

A környezetpolitika megvalósításában nagy szerepe van azoknak az állami, dekoncentrált szervezeteknek, illetve a települési önkormányzatoknak, melyek a hulladékgyűjtés hatósági és közszolgáltatási feladatait ellátják. Ma Magyarországon a Környezetvédelmi Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőségek (másodfokon a Főfelügyelőség) végzik például az engedélyeztetési, ellenőrzési feladatokat a hulladékkezelési létesítmények esetén, míg a települési önkormányzatok kötelező feladatként látják el, sok más mellett, a települési hulladékgyűjtési tervezést, a települési közterületek tisztán tartását, illetve a települési hulladékkezelés mint közfeladat megszervezését.

#### **e) A hulladékgyűjtési szabályozás**

A környezetvédelmi szabályozás általános szempontjai, céljai közt szerepel:

- A szűkös természeti javak, erőforrások racionális felhasználása, illetve a szennyezés megelőzése, valamint a környezetszennyezés ökológiailag megengedhető szintre csökkentése,
- a környezetvédelmi feladatok költségeinek minimalizálása,
- a környezetvédelemnek gyűjtői és fogyasztói belső érdeké transzformálása.

Vagyis fontos cél a társadalom és a gazdaság döntéseinek befolyásolása úgy, hogy a környezet hosszú távú érdekeit is figyelembe vegyék.

A szabályozásnak három nagy csoportját különböztetjük meg:

- jogi szabályozó eszközök (ide tartoznak például az európai uniós hulladékgyűjtési irányelvek, illetve a hazai törvények és rendeletek is,
- közgazdasági szabályozó eszközök (pénzügyi eszközök, például a beruházási támogatások, a lakosság hulladékgyűjtési díjai is ebbe a kategóriába tartoznak. Érdekes példa a számos európai országban bevezetett hulladékgyűjtési díj (landfill tax), melynek feladata fokozatosan eltéríteni a hulladékokat a lerakóktól azzal, hogy a szolgáltatást lényegében megdrágítják,
- műszaki szabályozó eszközök (például a szabványosított hulladékminta-vételezés és értékelés tartozhat ide).

#### **f) Egyéb válaszingyintézkedések – horizontális tevékenységek**

Számos további válaszingyintézkedés nevesíthető még, melyek segíthetik a hulladékgyűjtési tevékenységet. Kiemeljük a **kutatás-fejlesztést**, mely például új technikákkal, termékekkel, szolgáltatásokkal, szervezési módszerekkel segítheti a hulladékgyűjtő vagy hulladékkezelő cégeket, vállalkozásokat. Ebben nagy szerepe lehet a magánszféra szereplőin túl a tudományos élet reprezentánsainak is. Szintén fontos az **oktatás és szemléletformálás**, hiszen a hulladékgyűjtés fő lépéseinek bemutatásán túl az egyes hulladékgyűjtési eljárások, technikák elterjesztésében (például a házi komposztálás), megismertetésében vagy használatában számos résztvevőnek lehet szerepe. Ezek közül is kiemelendők a hagyományos köz- és felsőoktatási intézmények, valamint a civil környezetvédelmi szervezetek, például a hazai Hulladék Munkaszövetség (HUMUSZ).

## 4.7. Függelékek

### 4.7.1. Bibliográfia

- Árvai József (szerk.): Hulladékgazdálkodási kézikönyv. Budapest, Műszaki Kiadó, 1991.
- Bartus Gábor: A hulladékgazdálkodás alapjai. (Tanári kézikönyv) Budapest, Nemzeti Szakképzési Intézet, 2006.
- Hulladékgazdálkodási Szakmai Füzetek 1–10. Budapest KVVM, Hulladékgazdálkodási és Technológiai Főosztály, 2003.
- HUMUSZ (Hulladék Munkaszövetség.): Az a kincs, ami nincs 1–4. Budapest ([www.humus.hu](http://www.humus.hu)) 2004.
- Moser Miklós–Pálmai György.: A környezetvédelem alapjai. Budapest, Nemzeti Tankönyvkiadó, 1999.
- Munkácsy Béla: A szeméthegeyeken innen és túl. Budapest, Pont Kiadó, 1999.
- Munkácsy Béla: A hulladékgazdálkodás mai gyakorlata – Hulladékkezelési helyzetkép. In: Szilágyi László (szerk., 2010): Amit egy nulla hulladékmenedzsernek tudnia kell. Budapest, Hulladék Munkaszövetség (HUMUSZ), 2010.
- Szilágyi László: Termelés, fogyasztás, hulladék. In: Szilágyi László (szerk., 2010): Amit egy nulla hulladékmenedzsernek tudnia kell. Budapest, Hulladék Munkaszövetség (HUMUSZ), 2010.
- Vermes László, (3. kiadás): Hulladékgazdálkodás, hulladékhasznosítás. Budapest, Mezőgazda Kiadó, 2005.
- Zimler Tamás (szerk.) Hulladékgazdálkodás. (Alaptankönyv) Budapest, Tertia Kiadó, 2003.

#### **Hazai hulladékgazdálkodási tervezési dokumentumok:**

- A Nemzeti Környezetvédelmi Programok (NKP-I. 1997–2002., NKP II. 2003–2008., NKP III. 2009–2014.)
- Az Országos Hulladékgazdálkodási Terv I. (2003–2008.) – Budapest, KVVM
- Országos Hulladékgazdálkodási Terv II. (2009–2014.) – Budapest, KVVM
- A települési szilárd hulladékgazdálkodás fejlesztési stratégiája 2007–2016. (2006.) Budapest, KVVM. <http://www.kvvm.hu/szakmai/hulladekgazd/>
- Szakmai folyóiratok** (pl. Hulladéksors, Környezetvédelem, Kukabúvár, Ma és Holnap)

### 4.7.2. Fogalomtár

**Aranykorona-érték:** hazánkban még alkalmazott, de eredetileg a XIX. század végén létrehozott földértékelési mutató. Megmutatja, hogy egy hektár (korábban kat. hold) területen átlagos gazdálkodás mellett mekkora jövedelem realizálható.

**ártalmatlanítás:** mely alatt „a hulladék környezetet szennyező, károsító hatásainak megszüntetését, kizárását értjük, mely megvalósítható a hulladék környezeti elemektől történő elszigetelésével és/vagy anyagi minőségének megváltoztatásával”. (2000. évi XLIII. hulladékgazdálkodási törvény) Napjainkban a legismertebb típusai a hulladékégetők és a hulladéklerakók.

**egyedi hulladék:** a termelési, szolgáltatási vagy fogyasztási oldalon egy bizonyos technológiából, tevékenységből származó hulladék.

**előkezelés:** ennek során a hulladék biológiai és/vagy kémiai és/vagy fizikai tulajdonságainak megváltoztatására kerül sor azért, hogy a további hulladékkezelési lépések nagyobb környezeti biztonsággal és kisebb költséggel valósulhassanak meg, lehetőség szerint a termelési folyamatba való visszavezetéssel.

**hulladék:** „Az az anyag (elhasznált termék, maradvány, leválasztott szennyező anyag, szennyezett kitermelt föld), amely az ember termelő-fogyasztó tevékenysége folyamán keletkezik, és amelyet adott műszaki, gazdasági és társadalmi feltételek mellett tulajdonosa sem felhasználni, sem értékesíteni nem tud, illetve nem kíván, és ezért a kezeléséről (a környezet szennyezésének megelőzése érdekében) gondoskodni kell.” (Környezet- és Természetvédelmi Lexikon I. 2002. pp. 484.), illetve a „a hulladék: rosszul hasznosított nyersanyag”.

**hulladékfajta:** azokat az egyedi hulladékokat nevezzük így, melyeknek lényeges anyagi tulajdonságai lehetővé teszik együttes kezelésüket.

**hulladékminőség:** a hulladékok kémiai, biológiai, fizikai tulajdonságainak összessége.

**hulladéktípus:** a közös jellemző tulajdonságaik szempontjából hasonló hulladékfajták együttese.

**inert hulladék** (például építési, bontási törmelékek), melyek legnagyobb mennyiségben általában az építőanyag- és építőiparban keletkeznek. Ezek a hulladékok sem fizikai, sem biológiai, sem kémiai értelemben nem mennek át jelentős átalakuláson hulladékká válásuk után.

**integrált hulladékgazdálkodás:** „a hulladékkal összefüggő tevékenységek rendszere, beleértve a hulladék keletkezésének megelőzését, mennyiségének és veszélyességének csökkentését, kezelését, ezek tervezését és ellenőrzését, a kezelőberendezések és létesítmények üzemeltetését, bezárását, utógondozását, a működés felhagyását követő vizsgálatokat, valamint az ezekhez kapcsolódó szaktanácsadást és oktatást.” (2000. évi XLIII. hulladékgazdálkodási törvény)

**ISPA** (Instrument for Structural Policies for Pre-Accession): európai uniós előcsatlakozási, pénzügyi alap. Magyarországon 2004 előtt számos (12 db) regionális hulladékkezelési rendszer kialakítását támogatta.

**kármentesítés:** különféle természeti vagy társadalmi-gazdasági eredetű kár csökkentése és következményeinek megszüntetése érdekében végzett műszaki, gazdasági, igazgatási tevékenység.

**kezelés:** „a hulladék veszélyeztető hatásainak csökkentésére, a környezetszennyezés megelőzésére és kizárására, a termelésbe vagy a fogyasztásba történő visszavezetésére irányuló tevékenységet, valamint a kezelést megvalósító eljárás alkalmazását, beleértve a kezelőlétesítmények utógondozását is” (2000/XLIII. törvény).

**komposztálás:** „a szilárd és folyékony települési, valamint bizonyos termelési hulladékok kezelésére alkalmas aerob biológiai eljárás, amelynek során a termofil (20–40 °C-on életképes) mikroorganizmusok enzimszisztemjei a szerves anyagokat biológiai oxidáció útján lebontják. Ennek eredményeképpen stabil humuszképző anyagok, valamint szervesetlen ásványi anyagok keletkeznek.” (Környezet- és Természetvédelmi Lexikon I. 2002. pp. 599.)

**másodlagos nyersanyag, másodlagos energiahordozó:** „az az anyag, amely hulladékként keletkezik, és más technológiában mint nyersanyag vagy mint energiahordozó közvetlenül vagy közvetve (átalakítást követően) felhasználható.” (Árvai J. 1991) Például ilyen a papírhulladékból előállított újrapapír.

**megelőzés** (reduce): a hulladékok keletkezésének megelőzését, a hulladékok mennyiségének és veszélyességének folyamatos csökkentését értjük alatta.

**melléktermék:** „az az anyag, amely a főtermék mellett keletkezik, és keletkezési formájában hasznosítható, értékesíthető.” (Árvai J. 1991) Például a búzatermelés egyik mellékterméke a szalma.

**szemét:** a hulladék köznyelvi, hétköznapi megnevezése.

**települési (kommunális) hulladék:** „a lakossági fogyasztási, intézményi, kiskereskedelmi és vendéglátó, valamint a közterületek tisztántartásából származik, összetétele és mennyisége erősen függ az életszínvontól és az életmódtól, ezen belül a fogyasztási szokásoktól.” (Árvai J. 1991)

**települési folyékony hulladék:** „a települések területén a közcsatornába be nem kötött, emberi tartózkodásra szolgáló épületek ideiglenes szennyvíztároló létesítményeinek, közműpótló berendezéseinek ürítéséből származó szennyvíz és szennyvíziszapok.” (Árvai J. 1991), vagyis **mindazok a lakossági szennyvizek és szennyvíziszapok, melyek a közcsatorna-hálózatban nem kerülnek elvezetésre.** Továbbá ide tartoznak „a nem közüzemi csatorna- és árokrendszerek, valamint a települési szennyvizek fenntartásából, tisztításából származó iszapok, és a gazdasági eredetű, de nem termelési (mezőgazdaság, ipar) tevékenységből származó kommunális szennyvíziszapok.” (Árvai J. 1991)

**újrahasználati** (reuse) tevékenység – a termékek funkcióban történő hasznosítását, vagyis a terméknek az eredeti célra történő ismételt felhasználását tekintik.

**újrahasznosítás** (recycle): anyagában történő hasznosítás, a hulladék anyagának vagy valamely összetevőjének a termelésben vagy a szolgáltatásban történő (ismételt) felhasználását jelenti.

**városodás:** az urbanizáció mint jelenség egyik megjelenési formája. A városok és városlakók számának és arányának növekedése. (A másik forma, a városiasodás, a városi életforma terjedése, a városi életminőség javulása.)

**veszélyes hulladék:** az emberi egészségre, az élővilágra és a természeti és művi környezetre, annak elemeire közvetlenül vagy közvetve veszélyes anyagokat értjük ez alatt. A hatásuk lehet azonnali vagy késleltetetten jelentkező.

## 5. VÍZMINŐSÉG-VÉDELEM (KARDOS LEVENTE)

### 5.1. A víz jellemzése

A víz az emberiség közös kincse, nélkülözhetetlen környezeti elem. A Földünkre ránézve láthatjuk, hogy jelentős részét víz borítja. A Föld 29%-a szárazföld, a többi pedig víz (hidroszféra), de nem mindegy, hogy ez a víz milyen minőségű víz. A földi vízkészlet (kb. 1460 millió km<sup>3</sup>) 97,5%-a az óceánok és a tengerek vize. Az édes víz mennyisége 2,5%, amelynek túlnyomó része gleccserekben, sarki jégsapkákban közvetlenül nem hozzáférhető formában tárolódik. A könnyen hozzáférhető édes víz mennyisége nem korlátlan, eloszlása sem egyenletes, ezért mindenkinek feladata a vizekkel történő ésszerű, takarékos gazdálkodás.

#### 5.1.1. A víz fizikai jellemzői

A víz a földfelszín leggyakoribb vegyülete. Mindhárom halmazállapotban megtalálható egyszerre a Földön. A kémiailag tiszta víz színtelen, szagtalan, szobahőmérsékleten folyadék. Az oxigén- és a hidrogénatomok eltérő elektronegativitása miatt dipólus (poláris) molekula, így halmazában dipólus-dipólus és hidrogénkötés másodrendű kötések (kölsönhatás) alakulnak ki. A hidrogénkötés miatt normál légköri nyomáson olvadáspontja 0 °C, forráspontja 100 °C. A víz a legjelentősebb poláris oldószerünk, kitűnően oldja a poláris és az ionvegyületeket. Sűrűsége +4 °C-on a legnagyobb ( $\rho=1,00\text{g/cm}^3$ ). 0 °C-ra hűtve sűrűsége csökken, viszont térfogat nő, ezért lehetséges, hogy a lehűtött, kitáguló víz szétfeszíti az üvegpalackot, amiben lefagyasztottuk. Tavak esetén az élővilág téli túlélése szempontjából meghatározó, hogy a +4 °C-os víz lesüllyed a tó fenekére, majd a felszíne a fagyáspont elérésével megfagy. A képződő jég jó hőszigetelő és megakadályozza az alsó víztömegek megfagyását, így az élőlények képesek átvészelni a telet. Természetes vizeink állandó kapcsolatban vannak a környezettel, jelentős a talajból, a kőzetekből történő kioldódás, illetve az antropogén eredetű szennyezés, amelyek jelentősen meghatározzák a természetes vizek fizikai és kémiai tulajdonságait.

#### 5.1.2. A víz kémiai jellemzői

A víz kitűnő oldószer, ezért a vízzel kapcsolatba kerülő közegekből megfelelő komponenseket old ki, ezért a környezetben sohasem találunk kémiailag tiszta vizet. A vizekben oldhatatlan és oldott komponenseket vannak. Az oldott komponensek között kiemelt helyen kezeljük az oldott gázokat, az oldott sókat és az oldott szerves vegyületeket.

A legfontosabb oldott gázok a vízben az oxigén, a nitrogén, a szén-dioxid. A gázok oldhatóságát folyadékokban a [Henry-törvény](#) írja le, mely szerint a gázok oldhatóságát az adott gáz folyadékfázis feletti parciális nyomása határozza meg. A gázok oldhatósága hőmérsékletfüggő, a hőmérséklet emelkedésével csökken az oldott gázok koncentrációja. Nyáron a felmelegedett hőmérséklet miatt a vizek hőmérséklete is jelentősen megemelkedhet, amely az oldott oxigén-koncentráció csökkenését eredményezi. A halak fel-felúsznak a víz tetejére és a légkörből igyekeznek pótolni a hiányzó oxigént, a jelenséget a horgászok a halak „pipálásaként” emlegetik.

A vizeinkben jelentős mennyiségű, természetes és mesterséges eredetű oldott só található. A sók az ionvegyületek révén a vizekben [elektrolitos disszociáció](#) eredményeképpen



mindig hidratált ionok formájában vannak jelen. A sók tehát az őket alkotó anionokra és kationokra esnek szét (disszociálnak). A legfontosabb négy anion: kloridion ( $\text{Cl}^-$ ), szulfátion ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), karbonátion ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), hidrogén-karbonátion ( $\text{HCO}_3^-$ ). A legfontosabb négy kation pedig: kalciumion ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnéziumion ( $\text{Mg}^{2+}$ ), nátriumion ( $\text{Na}^+$ ), káliumion ( $\text{K}^+$ ). Ezekon az ionokon kívül természetesen sok más aniont (pl.: nitrátion [ $\text{NO}_3^-$ ], nitrition [ $\text{NO}_2^-$ ], foszfátion [ $\text{PO}_4^{3-}$ ]) és kationt (pl.:  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ) megtalálhatunk vizeinkben.

Az oldott szerves anyagok közötti is találunk természetes és mesterséges anyagokat. Egyre több mesterséges szerves anyag kerül antropogén tevékenységből vizeinkbe. Több mint 70 ezer-féle szerves anyagot mutattak már ki vizekből, ezért a szerves anyagok összességének jellemzésére bevezették a kémiai oxigénigényt (**KOI**), a biokémiai oxigénigényt (**BOI**) és a teljes szervesszén-mennyiséget (**TOC** – total organic carbon).

## 5.2. A vízminőség fogalma

A vízminőséget többféleképpen fogalmazhatjuk meg. Létezik egy statikus, egy dinamikus és a kettőt ötvöző, a gyakorlat számára leginkább felhasználható definíció.

A statikus vízminőség definíciója szerint a vízminőség a víz fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságainak összessége. A dinamikus vízminőség definíciója szerint a vizekben lejátszódó folyamatok eredményeképpen a vizek minősége állandóan változik. Ezek a változások pozitívan vagy negatívan befolyásolják a víz minőségét és ezen keresztül a vízi ökoszisztémát. A vízminőségben pozitív változást eredményez a vizek természetes **öntisztító kapacitása** (például megfelelő körülmények között a szerves szennyező anyag lebomlik), de előfordulhat olyan eset is, hogy természetes folyamatok eredményeképpen a szennyező anyag biodegradációja során még toxikusabb komponens jelenik meg a vízben (például higanyból veszélyesebb metil-higany, illetve dimetil-higany is keletkezhet).

A gyakorlat számára leginkább alkalmazható definíció szerint a vízminőség nem csupán a víz fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságainak összessége, hanem a vízben végbe menő fizikai, kémiai és biológiai folyamatok eredménye.

## 5.3. Vízminősítési rendszerek

Nem könnyű arra a kérdésre válaszolni, hogy hogyan minősítsünk, mert a természetes vizek különös kémiai összetételű oldatok és egyúttal bonyolult keverékek is, valamint a vízi élővilág létezéséért is szolgálnak.

Az antropocentrikus szemléletű vízminősítés során a víz tulajdonságait elsősorban a használatok alapján osztályozzák, azaz, hogy megfelel-e az adott használati célnak (ivóvíz, kazántápvíz, öntözővíz stb.), illetve a használati célokhoz rendelt határértékeknek.

Az ököcentrikus szemlélet nem a vízhasználatok szerinti „alkalmasságot” veszi alapul, hanem a víz ökológiai állapotát tekinti elsődlegesnek és az ökológiai állapot szerint állapít meg határértékeket.

A vizeket tehát több szempont, több rendszer szerint minősíthetjük. Léteznek biológiai, kémiai vízminősítési rendszerek. Létezik a felhasználás szempontjai szerinti vízminősítés (például az igen szigorú ivóvíz-, illetve a más paraméterekre hangsúlyt fektető öntözővízminősítés). A vízminősítés vonatkozhat a felszíni vizekre, illetve a felszín alatti vizekre. Az alábbiakban a biológiai vízminősítés, illetve az ökológiai szemléletben készült felszíni, illetve a felszín alatti vizekre vonatkozó kémiai vízminősítési rendszer bemutatása található.

A vizek minőségének meghatározása sok munkát és időt igénylő feladat. A kísérleti adatok összehasonlíthatósága szükségessé teszi szabványos vizsgálatok végzését. A minőségi kritériumokat nemzeti vagy nemzetközileg elfogadott határértékek (standardok) alapján határozzák meg.

A környezet állapotának, ezen belül a vizek állapotának megismerése alapvető fontosságú. Magyarországon a vízkészletek minőségének ellenőrzése rendszeres jellegű adatgyűjtések, az ún. vízminőségi monitoring vizsgálatok révén valósulnak meg. A felszíni vizek esetén 109 vízfolyás 240 szelvényéről, illetve 4 állóvíz (Balaton, Fertő-tó, Velencei-tó, Kiskörei-víztározó) vizének minőségét vizsgálják rendszeresen a törzs- és a regionális hálózati rendszer keretében. A vizsgálatokat a Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőségek és az Állami Népegészségügyi Tisztiorvosi Szolgálat laboratóriumaiban végzik. Minden évben mintegy 6000 db vízmintának határozzák meg a 30-40 db fizikai, kémiai és mikrobiológiai paramétereit.

A kiemelt fontosságú felszíni vizeink esetén a vízminőségi monitoring rendszerek között speciális (ökológiai megfigyeléseket is magában foglaló) monitoring rendszerek üzemelnek. Kiemelendő a Balaton, a Velencei-tó, a Tisza-tó, a Felső-Duna szigetközi térség, valamint a Drávát érintő speciális monitoring rendszer. A külföldről érkező váratlan szennyezések előrejelzése céljából a Tisza vízgyűjtőjén Automatikus Vízminőségi és Riasztórendszer üzemel.

### 5.3.1. Biológiai vízminősítés

A biológiai vízminősítés során a víz összes tulajdonságai közül azokat vizsgálják, amelyek a vízi ökoszisztémák életében meghatározó jelentőségűek. A biológiai vízminősítés során négy paramétert vizsgálnak.

A **halobitás** (sós vizeknél halinitás) a vizek biológiai szempontból fontos szervesetlen kémiai tulajdonságainak összessége. A víznek ezt a tulajdonságát az élővilág csak ritkán változtatja meg, ahhoz általában alkalmazkodik. Ha a víznek az összes sótartalma vagy ionösszetétele változik, a benne élő élőlények összetétele és mennyisége is megváltozhat. A halobitás változása hatással van a vízhasználatok vízkezelésére. A halobitásvizsgálat során mérhetjük a vízminta összes sótartalmát, a szervesetlen ionok mennyiségét vagy a leginkább elterjedt és terepi körülmények között is jól meghatározható fajlagos vezetőképességet is.

A **trofitás** a vízi ökoszisztéma elsődleges szervesanyag-termelési mértéke, alapja a fotoszintézis. A szerves anyag felépítésében a klorofillt tartalmazó autotróf szervezetek vesznek részt, így ezek mérését kell megvalósítani. Viszonylag könnyen kivitelezhető az a klorofill koncentráció mérése.

A **szaprobítás** a vízi ökoszisztéma szervesanyag-lebontó képessége. A szerves anyag fogyasztásában a heterotróf szervezetek vesznek részt. Mennyiségük jellemzésére a Pantle–Buck-indexet (szaprobítási index) alkalmazzák, amely az indikátor szervezetek relatív gyakoriságából számítható.

A **toxicitás** a víz mérgező képességét jelenti. A toxicitás jellemzésére alkalmazhatunk csírateszteket (mustármag, zsásza), illetve halteszt vagy Daphnia-tesztet.

Az egyes paramétercsoportok eredményeit egy 10 osztályú skálán értékelik (0–9 osztály létezik).

### 5.3.2. Kémiai vízminősítés felszíni vizekre

A felszíni vizek kémiai vízminősítésére 1993-ig integrált vízminősítési rendszer volt érvényben, mely két szempont szerint minősítette a felszíni vizeket. Ez a két szempont a felhasználás módja és az élővilágra gyakorolt hatás volt. Az integrált vízminősítési rendszer szerint három vízminőségi osztályt különböztettek meg:

1. osztály: Tiszta víz, amely nincs hatással az élővilágra és jól felhasználható.
2. osztály: Kissé szennyezett víz, amely továbbra sincs hatással az élővilágra, de bonyolult technológiai előkészítés szükséges a felhasználáshoz.
3. osztály: Szennyezett víz, amely esetén az ökoszisztéma károsodik és nincs, vagy nagyon drága technológia szükséges a felhasználás előtti kezeléséhez.

Az integrált vízminősítési rendszert 1994. január 1-jétől felváltotta az ökológiai szemléletű kémiai vízminősítési rendszer, amely 5 vízminőségi jellemzőből („paramétercsalád”) és 5 vízminőségi osztályból áll. Az ökológiai szemléletben készült MSZ 12749/1993 „Felszíni vizek minősége, minőségi jellemzők és minősítés” címet viselő szabvány foglalja össze a monitoring rendszer mintavételi szelvényeiben (150 kijelölt törzshálózati mintavételi hely) a vizsgálandó paraméterek körét, a vizsgálati gyakoriságot és mérési módszereket, valamint a minősítés elveit. A szabványban elsősorban azokat a vízminőségi jellemzőket foglalták 5 csoportba, amelyek a vízben élő szervezetek élettevékenysége szempontjából meghatározó jelentőségűek. Ezek alapján a vizsgálandó vízminőségi jellemző csoportjai a következők:

**1. Az oxigénháztartás jellemzői (A):** a szerves anyagok mennyiségével, bonthatóságával, a víz oldottoxigén-tartalmával, illetve szaprobiológiai állapotával kapcsolatos jellemzőket tartalmazza. A leggyakrabban mért paraméterek az oldott oxigén, a biokémiai oxigénigény (BOI), a kémiai oxigénigény (KOI) vagy például a teljes szerves szén (TOC) mennyisége.

**2. A tápanyagháztartás jellemzői (B):** között a vízben jelenlévő nitrogén- és foszforformák, illetve klorofilltartalom jellemzőket találhatjuk meg. Ezen adatokból információkat kaphatunk a vízért korábbi szennyezések mértékéről és idejéről, a víztestben lejátszódó biológiai folyamatok mértékéről, illetve az [eutrofizációs](#) folyamatok mértékéről is. A legfontosabb mért paraméterek: ammónium-N, nitrit-N, nitrát-N, összes foszfor, ortofoszfát-P.

**3. A mikrobiológiai jellemzők (C):** a vizek mikrobiológiai jellemzésére, fertőzőképességére jellemző mutatókat tartalmazza, illetve következtethetünk a szennyvizekkel történt szennyezettségre is. A vizsgált paraméterek a coliformszám, összes telepszám, fekális *Streptococcus*, *Salmonella* mennyisége.

**4. A mikroszennyezők és toxicitás jellemzői (D):** a csoportot négy alcsoportra osztották, az alcsoportokban a legfontosabb szerves és szervetlen vízszennyezőket találhatjuk:

**D1:** szervetlen anyagok (pl.: higany [Hg], kadmium [Cd], nikkell [Ni], ólom [Pb]),

**D2:** szerves anyagok (pl.: poliaromás szénhidrogének [PAH], poliklórozott-bifenilek [PCB], fenolok, detergensok, kőolajszármazékok, peszticidek),

**D3:** toxikus anyagok jellemzése: *Daphnia*-teszttel, csíranövényteszttel, halteszttel,

**D4:** radioaktív anyagok (pl.: összes  $\beta$ -aktivitás, bizonyos radioaktív izotópok mérése).

**5. Az egyéb jellemzők (E):** csoportjába többek között a kémhatás (pH), a fajlagos vezetőképesség, a hőmérséklet, a zavarosság, a sótartalom vízminőségi mutatói kerültek.

Az általában kéthetenkénti mintavétel alapján az 5.1. táblázatban foglalt vízminőségi jellemzőket vizsgálják a leggyakrabban.

Vízminőségi jellemzők	Mértékegység	Határértékek				
		I.	II.	III.	IV.	V.
osztály						
<b>A. Oxigénháztartás jellemzői</b>						
Oldott oxigén	mg/l	7	6	4	3	<3
Oxigéntelítettség	%	80-100	70-80 100-120	50-70 120-150	20-50 150-200	<20 >200
Biokémiai oxigénigény (BOI <sub>5</sub> )	mg/l	4	6	10	15	>15
Kémiai oxigénigény (KOI <sub>ps</sub> )	mg/l	5	8	15	20	>20
Kémiai oxigénigény (KOI <sub>k</sub> )	mg/l	12	22	40	60	>60
Szaprobítási (Pantle–Buck) index	-	1,8	2,3	2,8	3,3	>3,3
<b>B. Tápanyagháztartás jellemzői</b>						
Ammónium (NH <sub>4</sub> -N)	mg/l	0,2	0,5	1,0	2,0	>2,0
Nitrit (NO <sub>2</sub> -N)	mg/l	0,01	0,03	0,1	0,3	>0,3
Nitrát (NO <sub>3</sub> -N)	mg/l	1	5	10	25	>25
Összes foszfor	µg/l	100	200	400	1000	>1000
Összes foszfor*	µg/l	40	100	200	500	>500
Ortofoszfát (PO <sub>4</sub> -P)	µg/l	50	100	200	500	>500
Ortofoszfát (PO <sub>4</sub> -P)*	µg/l	20	50	100	250	>250
Klorofill-a	µg/l	10	25	75	250	>250
<b>C. Mikrobiológiai jellemzők</b>						
Coliformszám	i/ml	1	10	100	1000	>1000
<b>D. Mikroszennyezők és toxicitás</b>						
<b>D1. Szervetlen mikroszennyezők</b>						
Alumínium	µg/l	20	50	200	500	>500
Arzén	µg/l	10	20	50	100	>100
Cink	µg/l	50	75	100	300	>300
Higany	µg/l	0,1	0,2	0,5	1	>1
Kadmium	µg/l	0,5	1	2	5	>5
Króm	µg/l	10	20	50	100	>100
Króm (VI)	µg/l	5	10	20	50	>50
Nikkel	µg/l	15	30	50	200	>200
Ólom	µg/l	5	20	50	100	>100
Réz	µg/l	5	10	50	100	>100
<b>D2. Szerves mikroszennyezők</b>						
Fenolok (fenolindex)	µg/l	2	5	10	20	>20
Anionaktív detergensok	µg/l	100	200	300	500	>500
Kőolaj és termékei	µg/l	20	50	100	250	>250
<b>D4. Radioaktív anyagok</b>						
Összes β-aktivitás	Bq/l	0,17	0,35	0,55	1,1	>1,1
<b>E. Egyéb jellemzők</b>						
pH	-	6,5-8,0	8,0-8,5	6,0-6,5 8,5-9,0	5,5-6,0 9,0-9,5	<5,5 >9,5
Fajlagos vezetőképesség	µS/cm	500	700	1000	2000	>2000
Vas	mg/l	0,1	0,2	0,5	1	>1
Mangán	mg/l	0,05	0,1	0,1	0,5	>0,5
Hőmérséklet	°C	-	-	-	-	-
Átlátszóság vagy zavarosság	m v. NTU	-	-	-	-	-
Halinitás (szalinitás)	mg/l	-	-	-	-	-

\*Tározásra, vagy állóvizekbe kerülő folyóvizek esetén

5.1. táblázat: A vízminőségi jellemzők és határértékek (Kivonat az MSZ 12749/1993 sz. szabványból)

Az 5.1. táblázatban a vízminőségi jellemzők között található olyan komponensek, amelyekre nincsenek határértékek, ezen paraméterek mérése fontos, de az általános minősítés körébe nem tartoznak. A vizsgálati eredmények alapján – a szabvány határértékeinek figyelembevételével – besorolják az adott felszíni vizet az 5 vízminőségi osztály valamelyikébe. A vízminőségi adatok birtokában, az egyes komponensekre adódott érték alapján, besoroláskor a vízminőségi osztályok közül a legrosszabbat kell egy-egy jellemző csoporton (A, B, C, D, E csoportok, lásd 5.1. táblázatban szereplő adatokat és színeket is) belül mértékadónak tekinteni. Ennek alapján készülnek az évenkénti vízminőségi térképek. A térképek összevetésével követhetők a változások az egyes vízfolyásokat illetően. A vízminőségi osztályok jellemzőit az 5.2. táblázat tartalmazza. Az egy-egy felszíni vízre kapott, az öt vízminőségi jellemző csoporteredményeket 1:1 000 000 méretarányú térképeken ábrázolják. A térképeken a grafikus ábrázolás során a vízfolyás irányának megfelelően mindig bal oldalon, a legelső helyen az A, majd a B, C, D és legvégül (a folyásiránynak megfelelően már jobb oldalon) az E vízminőségi jellemezőnek megfelelő színt tüntetik fel.

<b>I. osztály, kiváló víz:</b>
mesterséges szennyező anyagoktól mentes, tiszta, természetes állapotú víz, amelyben az oldottanyag-tartalom kevés, közel teljes az oxigéntelítettség, a tápanyagterhelés csekély és szennyvízbaktériumot gyakorlatilag nem tartalmaz. Térképen kék színnel jelölik.
<b>II. osztály, jó víz:</b>
szennyező anyagokkal és biológiailag hasznosítható tápanyagokkal kismértékben terhelt víz. A vízben oldott és lebegő, szerves és szervetlen anyagok mennyisége, valamint az oxigénháztartás jellemzőinek változása az életfeltételeket nem rontja. A vízi szervezetek fajgazdagsága nagy, egyedszámuk kicsi. Szennyvízbaktérium igen kevés található benne. Térképen zöld színnel jelölik
<b>III. osztály, tűrhető víz:</b>
mérsékelt szennyezett víz, amelyben a szerves és a szervetlen anyagok, valamint a biológiailag hasznosítható tápanyagterhelés eutrofizációt eredményezhet. Szennyvízbaktériumok következtében kimutathatók. Az oxigénháztartás jellemzőinek ingadozása, a szennyezettség átmenetileg kedvezőtlen életfeltételeket teremthetnek. Az életközösségek, a fajok számának csökkenése és egyes fajok tömeges elszaporodása vízszennyezést is előidézhethet. Esetenként szennyezésre utaló szag és szín is előfordul. Térképen sárga színnel jelölik.
<b>IV. osztály, szennyezett víz:</b>
külső eredetű szerves és szervetlen anyagokkal, illetve szennyvizekkel terhelt, biológiailag hozzáférhető tápanyagokban gazdag víz. Az oxigénháztartás jellemzői tág határok között változnak, előfordul az anaerob állapot is. A baktériumszám magas, a víz zavaros, színe változó. A biológiailag káros anyagok koncentrációja esetenként a krónikus toxicitásnak megfelelő értéket is elérheti, ami kedvezőtlenül hat a magasabb rendű vízi növényekre és a többsejtű állatokra. Térképen piros színnel jelölik.
<b>V. osztály, erősen szennyezett víz:</b>
különféle eredetű szerves és szervetlen anyagokkal, szennyvizekkel erősen terhelt, esetenként toxikus víz. Szennyvízbaktérium-tartalma közelíti a nyers szennyvizekhez. Az oxigénhiány, a biológiailag káros anyagok az életfeltételeket korlátozzák. A víz zavaros, bűzös, színe jellemző és változó. A bomlástermékek és a káros anyagok koncentrációja igen nagy, a vízi élet számára elviselhetetlen. Térképen fekete színnel jelölik.

5.2. táblázat: A vízminőségi osztályok és jellemzőik  
(Kivonat az MSZ 12749/1993 sz. szabványból)

### 5.3.3. Kémiai vízminősítés felszín alatti vizekre

A felszín alatti vizek minősítése során nem osztályba sorolást alkalmaznak, hanem határértékeket adnak meg egy adott vegyületre. A felszín alatti vizek és a földtani közeg védelmét a 219/2004. (VII.21.) „A felszín alatti vizek és a földtani közeg védelméről” szóló kormányrendelet szabályozza. A 6/2009 (IV. 14.) együttes rendelet pedig a földtani közeg és a felszín alatti víz szennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékeket és a szennyezések mérését (mintavételt és mintavizsgálatokat) ismerteti. Az együttes rendelet anyagcsoportonként ismerteti a (B) szennyezettségi határértékeket a földtani közegre és a felszín alatti vizekre egyaránt. A következőkben a legfontosabb határértékek rövid magyarázata található:

**1. (A) háttér-koncentráció:** egyes anyagoknak a természetes vagy ahhoz közeli állapotban általában előforduló koncentrációját jelenti a felszín alatti vízben, illetve a talajban.

**2. (Ab) bizonyított háttér-koncentráció:** meghatározott anyagnak adott térségre jellemző, az (A) háttér-koncentráció helyett, vizsgálatokkal megállapított tényleges koncentrációja a felszín alatti vízben, illetve a földtani közegben, ami természeti adottságok, illetve a vizsgált terheléstől független diffúz terhelés, szennyezés vagy felszíni vízen keresztül történő terhelés hatására alakult ki.

**3. (B) szennyezettségi határérték:** jogszabályban, illetve ezek hiányában hatósági határozatban meghatározott olyan szennyezőanyag-koncentráció (vagy minőségi állapotjelzők szintje) a felszín alatti vízben, illetve a földtani közegben, amelynek bekövetkeztekor a felszín alatti víz (vagy a földtani közeg) szennyezettnek minősül. Ennek megállapításakor figyelembe veszik a felszín alatti víznél az ivóvízminőség és a vízi ökoszisztémák igényeit, földtani közeg esetében pedig a talajok többes funkcióját és a felszín alatti vizek szennyezéssel szembeni érzékenységét.

**4. (D) kármentesítési célállapot határérték:** az a koncentráció, amit a kármentesítés eredményeként kell elérni az emberi egészség és az ökoszisztéma, illetve a környezeti elemek károsodásának megelőzése érdekében. Meghatározása a kármentesítési eljárás keretében végzett komplex értékelésen, a szennyező anyagnak a környezeti elemek közötti megoszlására, viselkedésére, terjedésére vonatkozó méréseken, modellszámításokon, mennyiségi kockázatfelmérésen alapul a területhasználat figyelembevételével.

**5. (E) egyedi szennyezettségi határérték:** egy adott területen a (B) szennyezettségi határérték helyett – a Környezetvédelmi Törvény hatályba lépésekor már folytatott tevékenység esetében vagy azokon a területeken, ahol az (Ab) bizonyított háttér-koncentráció meghaladja a (B) szennyezettségi határértéket – a helyzet tényleges ismerete alapján mennyiségi kockázatfelmérésre támaszkodóan, a területhasználat figyelembevételével hatósági határozatban megállapított szennyezettségi határérték.

Az (E) egyedi szennyezettségi határérték nem lehet szigorúbb a (B) szennyezettségi határértéknél és nem lehet enyhébb a vizsgálatokkal megállapított tényleges szennyezettségi koncentrációnál, illetve a (D) kármentesítési célállapot határértéknél.

A felszín alatti víz és földtani közeg veszélyeztetésével, szennyezésével, károsításával és kármentesítésével összefüggő információk és adatok gyűjtésére és nyilvántartására létrehozták a Felszín alatti vizek és a földtani közegek környezetvédelmi nyilvántartási rendszerét (FAVI).

A felszín alatti vizeink minőségének eredményét egyrészt az ivóvízellátásra igénybe vett kutak rendszeres vizsgálati eredményeiből, másrészt a monitoring céljára létesített kutak vizsgálataiból állapítják meg. A közüzemi vízellátásra igénybe vett kutak egy részén (590 db) a szokásosnál részletesebb vizsgálatok is történnek, ezek alkotják az úgynevezett felszín alatti vízminőségi törzshálózatot. A monitoring kutak egy része a szennyező források (pl.: hulladéklerakók, ipari üzemek) hatásának megfigyelésére, más része a települések beépített területei alatti talajvíz minőségének megfigyelésére szolgál.

A vizek minőségének védelme, illetve a vízkészletekkel való gazdálkodás a fentiekben bemutatott, szabályozott keretekben történik. A szabályozásban jelentős lépést jelentett az Európai Unió által elfogadott Víz Keretirányelv (VKI, 2000.), amely egy átfogó és összefüggő szabályozási rendszer bevezetését, a fenntartható vízügyi politika kialakítását irányozza elő. Megköveteli, hogy az egyes vízgyűjtőkön osztozó országok összehangolják vízgazdálkodásukat, illetve az egységes elveken nyugvó vízgyűjtő-gazdálkodási tervek elkészítését. Hazánkban 4 vízgyűjtő-gazdálkodási résztervet készítettek (Duna, Tisza, Dráva, Balaton vízgyűjtőjére). A keretirányelv a vizek mennyiségi és minőségi kérdéseit együttesen kezeli mind a felszíni, mind a felszín alatti vizekre, és a vizek – jogszabályokban meghatározott – jó állapotának elérését tűzi ki célul 2015-ig.

#### 5.4. Vízminőség-védelem

##### 5.4.1. A vízminőség-szabályozás műszaki módszerei

A vízminőség-szabályozás (vízszennyezés csökkentés) műszaki módszerei között az alábbi elemeket találhatjuk.

**Tisztítás:** a szennyvíz vagy egyéb más hulladék szennyező komponenseinek eltávolítása, átalakítása valamilyen fizikai, kémiai, biológiai eljárással, valamint ezeknek további szennyezést nem okozó környezeti elhelyezése.

**Újrafelhasználás és visszanyerés:** a szennyvizek újrahasznosítása, illetve belőlük a hasznosítható anyagok visszanyerése (pl.: pácvicekből vassók kinyerése).

**Technológiai változtatás:** a technológia olyan módon történő megváltoztatása, hogy a szennyezőanyag-kibocsátás megszűnjön vagy legalább mérséklődjön.

**Termékmódosítás:** olyan helyettesítő termékek bevezetése vagy az anyagtulajdonság módosítása, melynek eredményeként a termékek szennyező hatásai lecsökkenthetők vagy környezettechnológiai kezelhetőségük javul.

**Megszüntetés:** valamely, a vizeket szennyező anyag gyártásának, forgalmazásának megszüntetése, valamint a szennyező anyagok vízbe jutásának megakadályozása.

**Szétszórás:** a szennyvizek nagy területen, diszperz módon történő szétszórása, talajba helyezése vagy nagy víztömegben való elosztása, ezáltal a szennyvízben lévő komponensek koncentrációjának csökkenése érhető el.

**Késleltetés:** a szennyvízkibocsátás időszakos leállítása, a szennyvíz tározása, és ezeknek a befogadó szempontjából kedvezőbb időszakban történő bejuttatása. Kedvezőbb időszakok: nagyobb vízhozam, nagy szervesanyag-tartalmú szennyvizek esetén a befogadó nagyobb oldottoxigén-koncentrációja.

**Átvezetés:** a szennyvizeknek más szelvénybe vagy más, nagyobb vízhozamú vízfolyásba való átvezetése a természetes öntisztító kapacitás figyelembevételével.

**Hígítás:** a szennyvíz térfogatának növelése, amely az oldott szennyezőanyag-koncentrációjának csökkentését eredményezi, így a káros hatások is csökkennek. Cél a természetes vizek öntisztuló képességének, kapacitásának a fenntartása.

**Környezeti tisztítás:** a befogadó élővíz mint környezeti elem tisztítása a bevezetett szennyező anyagok eltávolítása, káros hatásuk csökkentése érdekében.

#### 5.4.2. A vízminőség-szabályozási beavatkozások

A vízminőség-szabályozási beavatkozások konkrét műszaki megoldásai között a következő lehetőségek vannak: szennyvíztisztítás, újrafelhasználás, technológiai víztisztítás, szennyvíztározás, regionális csatornázás, kisvízhozam-szabályozás, befogadók tisztítása.

**Szennyvíztisztítás:** során a szennyvízben található komponensek eltávolítása, átalakítása történik fizikai, kémiai módszerekkel, illetve mikroorganizmusok (biokémiai folyamatok) segítségével. A tisztítás célja a szennyvizek olyan mértékű tisztítása, melynek eredményeként a tisztított szennyvíz (minősége alapján) a befogadó élővízbe károsodás nélkül, ártalommentesen bevezethető. Általánosan megfogalmazhatjuk, hogy a szennyvizet annyira kell megtisztítani, hogy a környezetben károsodást ne okozzon és a befogadóban a természetes öntisztító kapacitás figyelembevételével a tisztítási folyamatok befejeződjenek. A kommunális szennyvíztisztítás folyamatai a 6. fejezetben részletesebb ismertetésre kerülnek.

Az **újrafelhasználás** a kibocsátandó víz egy részének az előző használatával azonos vagy más célú felhasználása, a vízkészletek mennyiségi és minőségi tehermentesítése érdekében. Az újrahajosítás során az egyik vízhasználó által kibocsátott használt víz vagy különböző fokozatokkal már az újbóli felhasználás céljainak megfelelően megtisztított szennyvíz, a másik vízhasználó által hasznosításra kerül. Ez mind a vízminőség-szabályozás, mind a vízkészlet-gazdálkodás szempontjából előnyös megoldás, hiszen jelentősen csökkenti a használt, illetve a szennyvízbevezetések számát, valamint a befogadó szennyvízterhelését is.

A **technológiai változtatás** célja a termelési eljárás, az ehhez kapcsolódó vízgazdálkodás (víztakarékosság), illetve a termékfelhasználás módjának módosítására irányuló tevékenység megváltoztatása, melynek a szennyezőanyag-kibocsátás csökkentését vagy megszüntetését eredményezi. Ez a vízminőség-szabályozási beavatkozás a termékmódosítás oly módon történő végrehajtása, hogy a vizekre kevésbé káros termékszerkezetet alakítanak ki. Példaként megemlíthetjük a foszfátmentes detergensok gyártására való áttérést.

A **szennyvizek tározása** a szennyvízkibocsátás tervszerű visszatartását, majd szabályozott körülmények közötti leeresztését jelenti a befogadó minőségi állapota, illetve hidrológiai viszonyai szempontjából kedvezőbb időszakában. Ezen beavatkozás akkor alkalmazható, ha a tisztítatlan vagy jelentős költséggel tisztítható szennyvizeket a befogadó kisvízi időszakában visszatartják, majd a nagy vízhozamú időszakban, megfelelő hígítási feltételek mellett, a befogadóba vezetik. Ezen vízminőség-szabályozási beavatkozás csak ideiglenesen elfogadható beavatkozás, hiszen a szennyvíz tisztítására nem kerül sor. Ilyen vízminőség szabályozást alkalmaztak a Hortobágy-Berettyó öntisztulásának elősegítésére a Keleti-Főcsatornából történő hígítóvíz adagolásával.

A **regionális csatornázás** nagyobb területekre kiterjedő, több település szennyvizét összegyűjtő szennyvízcsatorna-rendszer, amellyel lecsökkenthetők, illetve megszüntethetők az egyedi szennyvízbevezetések és fejlett technológiájú (tercier fokozattal rendelkező), központi szennyvíztisztítóval megvédhető a befogadó. Ilyen megoldást alkalmaztak a Ve-



lencei-tó mentén, amelynél a tavat körülfogó gyűjtőcsatornával, illetve központi szennyvíztisztító teleppel kiváltották a sok, egyedi bevezetést. A módszer korszerű, hatékony, de költséges.

A **kisvízhozam-szabályozás** a befogadó vízminőségének szempontjából kritikus kisvízhozamának meghatározott mértékű növelése. Cél az öntisztító képesség fenntartása, fokozása, illetve a szennyezések hígításának hatására bekövetkező csökkenés kihasználása. A gyakorlati megvalósítás során hígítóvizet alkalmaznak, amelyet tározókból vagy más vízgyűjtőről történő átvezetéssel oldanak meg. Ezzel a megoldással nem a szennyező anyagnak a befogadóba való bejuttatását akadályozzák meg, hanem a bejutott szennyező anyag ártalmasságát mérsékli hígítóvíz hozzáadásával, ezért a beavatkozás passzív jellegűnek tekinthető.

A **befogadók tisztítása** olyan beavatkozások sorozata, melynek során az adott vízfolyás teljes vízmennyiségét megtisztítják a vízminőség javítása céljából. Költséges, ezért ritkán alkalmazott eljárás. Sok esetben a befogadó lebegőanyag-tartalmának ülepítéssel, illetve hordalékfogással történő csökkentését, valamint az oxigénháztartás egyensúlyának a szervesanyag-terhelés hatására bekövetkező, felborulásakor történő helyreállítását jelenti. Bizonyos esetekben a vízfolyások oxigénhiányát mesterséges levegőztetéssel pótolják. A mesterséges levegőztetés egyik legegyszerűbb módja a bukógátakon történő átvezetés, amelynek segítségével megfelelően megoldható a levegőztetés.

## 5.5. Függelékek

### 5.5.1. Bibliográfia

Kardos Levente: *Vízminőség-védelem. A vízszennyezés és szennyvíztisztítás.* ELTE Munkafüzetek, ELTE Eötvös Kiadó, 2006, Budapest.

Pásztó Péter: *Vízminőség-védelem, vízminőség-szabályozás.* Veszprémi Egyetemi Kiadó, 1998, Veszprém.

Varga Enikő, Garay Ferenc: *Környezetkémiai analitika – környezettechnológia praktikum.* ELTE Eötvös Kiadó, 1999, Budapest.

Vermes László (szerk.): *Vízgazdálkodás mezőgazdasági, kertész-, tájépítész- és erdőmérnök hallgatók részére.* Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, 2001, Budapest.

MSz 12749: 1993 Magyar Szabvány: *Felszíni vizek minősége, minőségi jellemzők és minősítés* 219/2004. (VII.21.) Kormányrendelet a „A felszín alatti vizek és a földtani közeg védelméről”

6/2009 (IV. 14.) KvVM-EüM-FvM együttes rendelet „A földtani közeg és a felszín alatti víz szennyvízzel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyvizek méréséről”

### 5.5.2. Fogalomtár

**BOI (biokémiai oxigénigény):** a vízben lévő szerves anyagok mikroorganizmusok által történő (biokémiai) oxidációhoz szükséges oldott oxigén mennyisége adott idő (5, 7, 21 nap) alatt, mértékegysége: O<sub>2</sub> mg/dm<sup>3</sup>.

Ugyanazon vízminta kémiai oxigénigénye és biokémiai oxigénigénye közül a kémiai oxigénigény a nagyobb, mert a kémiai oxigénigény magában foglalja a szerves és szervesetlen anyagok oxidációjához szükséges oxigénmennyiségét is.

**Elektrolitos disszociáció:** ionokra való szétesés. Szervesetlen vegyületek (sók) és bizonyos szerves vegyületek vizes közegben az adott vegyületet alkotó anionokra és kationokra esnek szét. A vizes közegben hidratált anionok és kationok találhatók.

**Eutrofizáció:** az eutrofizáció jelensége az állóvizek szennyezésének egyik súlyos következménye. Az állóvizekbe bekerülő foszfátion, illetve nitrogénvegyületek mint növényi tápanyagok a víz

trofitását (algatermő képességét) növelik. Az állóvizek tápanyag-feldúsulása következményeként bekövetkező trofitási fok emelkedését nevezzük eutrofizációnak. A folyamat természetes viszonyok között leggyakrabban a tavak feltöltődése során játszódik le évezredek alatt, de az intenzíven műtrágyázott területeken nagyságrendekkel felgyorsulhat a folyamat (néhány évtized alatt). A természetes eutrofizációtól megkülönböztetésül az emberi tevékenység hatására bekövetkező eutrofizációt gyorsított (antropogén) eutrofizációnak, illetve kultúreutrofizációnak is nevezik. Különösen a foszfáttartalmú műtrágyák gyorsítják fel az eutrofizáció természetes folyamatát.

Az eutrofizáció folyamatában először a vízbe jutott növényi tápanyagok hatására a vízi növények fotoszintézise és légzése közötti dinamikus egyensúly megbomlik, fokozódik a fotoszintézis, amely eleinte a víz oldottoxigén-koncentrációjának növekedését eredményezi. A tó szervesanyag-felépítő képessége (trofitása) folyamatosan nő, és a túlburjánzó vízi növények egyedei az elhalásuk következtében egyre nagyobb tömegben halmozódnak fel a tó alján, amelyek bomlásuk során egyre jobban felemérik a víz oldottoxigén-tartalmát. Először a tófenéken jelentkezik az oxigénhiány, majd az egész tóra kiterjed. Az oxigénhiány fokozatos növekedését az oxigénfogyasztó vízi élőlények elpusztulása jellemzi. Az eutrofizáció folyamata csökkenti a természetes vizek terhelhetőségét, mivel öntisztuló képességét is csökkenti.

**Henry-törvény:** a gázok oldhatóságát írja le folyadékokban. A vizsgált gáz oldhatósága függ a gáz folyadékfázis feletti parciális nyomásától. Képlettel:  $c = H \cdot p$ .

**KOI (kémiai oxigénigény):** azon oxidálószer-mennyiséggel ekvivalens oxigén mennyisége, amely elfogy savas közegben, 150 °C-on, 2 órás roncsoló oxidációkor a szerves és szervetlen anyagok oxidálására, mértékegysége:  $O_2$  mg/dm<sup>3</sup>.

**Öntisztító kapacitás:** a vizekben természetes körülmények között lejátszódó folyamatok eredményeképpen a bekerült szennyező anyag lebontási kapacitása. A folyók öntisztulása viszonylag gyorsan és rövid szakaszon játszódik le, ha megfelelő a hígulás mértéke, elegendő az oldott oxigén koncentrációja, illetve a terhelés sem túl nagy.

**pH:** a kémhatás jellemzésére szolgál. Az oxóniumion-koncentráció tízes alapú negatív logaritmus, képlettel:  $pH = -\lg[H_3O^+]$ .

**TOC (total organic carbon, teljes szerves szén):** a szerves anyagokban lévő szén mennyiségével ekvivalens  $CO_2$  mennyiségét jelenti.

## 6. VÍZSZENNYEZÉS ÉS SZENNYVÍZTISZTÍTÁS (KARDOS LEVENTE)

### 6.1. A vízszennyezés rövid története

A vízszennyezés mint minden más szennyezés, egyidős az emberiséggel, de a kezdetben megjelenő vízszennyező komponensek, illetve hulladékok mind mennyiségükben, mind minőségükben nem jelentettek komoly veszélyt a természetre. A szennyező anyagok mennyisége csekély volt és minőségében sem tartalmazott a környezetre káros vegyszereket, mérgeket vagy akár lebonthatatlan műanyagokat, növényvédő szereket.

A vízszennyezés a középkori városokban vált igazi problémává. Különösen azokban a városokban, ahol a város méretei és a szennyvizet befogadó folyó méretei a folyó csekély öntisztító kapacitása miatt nem álltak arányban. 1293-as feljegyzések szerint Párizsban évente 188 000 birkát, 30 000 marhát, 20 000 borjút és 30 000 sertést vágtak le a Szajna partja mentén, amelybe belefolyt a vér, de egyéb felesleges állati részeket is beledobáltak. A francia parlament 1368-ban végül egy város alatti partszakaszt jelölt ki a vágások céljára. Hasonló intézkedéssel 1395-ben áttelepítették a cserzővargákat, mert „elrontják a Louvre és a Chatelet lakóinak ivóvizét”.

Az angol parlament 1388-ban hozta meg az első antipollúciós törvényét, amely mindenféle hulladék folyóba dobálását, utcán elhelyezését tiltja, „mert az a levegő nagymértékű elrontását és mérgezését okozhatja, megszámlálhatatlan betegség és elviselhetetlen járványok keletkezésével járhat”.

A vízszennyezés történetében az ipari forradalom után gyorsultak fel az események. A textil-, a papír-, a bőrfesték és más vegyi termékeket előállító gyárak szennyvize akadálytalanul ömölhetett a folyók vizébe, szivároghatott a talajba, a kutakba. Az iparosodásban előjáró Angliában, a textilipari központot, Bradfordot „a kosz, betegség és halál legmocskosabb helyeként” tartották számon. Nem létezett csatornázás, a gyárak használt festékfürdői a lakosság háztartási szennyvizével együtt nyílt mederben folytak végig a város főutcáján és ez csak egy város a számtalan ipari központja közül. Érdeemes megjegyezni, hogy az ókori Róma és a római birodalom számos nagyvárosa, pl. Aquincum is csatornázott volt.

A környezetszennyezés elleni tiltakozás és intézkedés Magyarországon későn, és eleinte csak a városokban volt észlelhető. A kezdetleges rendelkezések a XVII. században a kutak tisztántartására, a hulladéklerakásra vonatkoztak. Gróf Széchenyi István a Lánchíd, a Magyar Tudományos Akadémia ügye mellett a környezetvédelem ügyét is a szíven viselte. Az ő kezdeményezésére épült az 1840-es években Pesten a gyárak felesleges vízének elszállítására facsatorna.

A hazai 1840. X. tc. kimondta: „Vizek vagy csatornák ágyaiba földet vagy trágyát hordani, kendert áztatni 100 forint vagy 1 hónapi áristom büntetés alatt tiltatik.” A törvény létrejötté tapasztalatok alapján történt, a szennyezett víz kipisztította az élőlényeket a vízből, illetve megbetegítette a vizet fogyasztó embereket. Mai szemmel nézve e törvény sorait, a trágyából számos szennyező, fertőző komponens mellett a nitrifikáció során képződő nitrát jelenlétére is következtethetünk.

Jóval később ébredt rá a hatósági gépezet, hogy a környezetvédelem egységes, országos rendezése immár elengedhetetlen és törvényi szabályozásra szorul. Csak 1885-ben került kidolgozásra az első magyar vízjogi törvény (XXIII. tc., amely 1964-ig volt hatályos), melynek 24.§-a így rendelkezik: „A vizeknek ártalmas anyagokkal való megfertőzése tilos. Hogy mily intézkedések szükségesek arra nézve, hogy gyárakból, bányákból és más vállalatokból hulladékok és megfertőztetett vizek más vizekbe bebocsáthatók legyenek, az iránt a közegészségügy követelményei és a fennálló használatok tekintetbevételével a hatóság intézkedik.”.

Ezek az intézkedések sokáig vártak, váratnak magukra és megnyugtató eredménnyel – talán – máig sem jártak. De nem lehetünk pesszimisták, hiszen jelenleg is folyik a törvényalkotás a vizek védelméről. A környezet védelmének általános szabályairól szóló, 1995. évi LIII. törvény az alapja minden, a vizeket érintő rendelkezéseknek.

A környezetszennyezés, így a vízszennyezés is óriási méreteket öltött napjainkra (gondoljunk a Tisza és a Szamos folyókon történt nehézfém- és cianidszennyezésre, 2000). A vízszennyezés legjelentősebb szereplője az ipar, de a mezőgazdaság, valamint az egyre növekvő kommunális szennyvizek is jelentős mennyiségű szennyezést juttatnak természetes vizeinkbe. A vízszennyezés kezelése a mindenkorai környezetvédelem egy sarkalatos pontja fog maradni.

## 6.2. A vízszennyezés definíciója és módjai

A vízszennyezést többféleképpen definiálhatjuk. Vízszennyezésnek nevezünk minden olyan hatást, amely a vizek minőségét úgy változtatja meg, hogy a vízben végbemenő természetes életfolyamatok gátlódnak (vagy megszűnnek), illetve a víz alkalmassága az emberi használatot tekintve is csökken.

A vízszennyezés módjai: a pontszerű és a diffúz. A pontszerű vízszennyezés jól meghatározható koordinátákkal jellemezhető (a kibocsátás helye és időtartama is megadható), míg a diffúz szennyezés esetén a szennyezés nagy területre terjed ki és a kibocsátás időtartama sem adható meg pontosan.

A szennyezés a szennyező anyag vízbe jutásával kezdődik ([emisszió](#)), majd a vízben terjedve, esetleg átalakulva ([transzmisszió](#)) kisebb-nagyobb víztömeg szennyeződik el ([immisszió](#)). A szennyező anyag továbbterjedésének mértékétől, a szennyezés kiterjedésétől függően beszélhetünk lokális (helyi), a vízgyűjtőre kiterjedő, regionális, illetve kontinentális vízszennyezésről.

## 6.3. A vízszennyező anyagok csoportosítása

### 6.3.1. A fizikai szennyezők

A víz fizikai szennyezőinek csoportjába soroljuk a vizek **hőszennyezését**. A vizek hőszennyezése tulajdonképpen a túlzott hőterhelést jelenti, aminek következtében felborulhat a vízben oldott anyagok kémiai egyensúlya, ezzel, mint következménnyel, az ökológiai egyensúly is, mert megváltoznak a természetes vizekben lévő élőlények életfeltételei. Ez a jelenség elsősorban a sok hűtővizet felhasználó technológiák esetén jelent gondot.

A hőszennyezés megváltoztatja a víz oxigénháztartását. A gázok oldhatóságát folyadékokban a Henry-törvény írja le, amelynek értelmében a gázok oldhatósága a hőmérséklet növelésével csökken. A magasabb hőmérsékletű vízben ezért kevesebb mennyiségű oxigén

tud oldódni, ezáltal az oldott oxigén koncentrációja lecsökken, amely szélsőséges esetben az aerob szervezetek pusztulását is okozhatja.

A természetes vizekbe bocsátott meleg víz természetesen hosszabb-rövidebb távon elkeveredik a befogadó hideg vizével (keveredési hossz kb. 5-10 km). Azonban e szakaszon belül az oxigénháztartás rosszabbodik, a vízhőmérséklet foltonként megemelkedik, amely az algák elszaporodásának kedvez, így erős eutrofizáció is megindulhat, amely további problémákat okozhat.

A fizikai szennyezők között kell megemlíteni a **radioaktív izotópokat** is. A vizek radioaktivitása természetes és mesterséges forrásokból származik. A természetes folyamatok eredményeként van jelen a  $^{40}\text{K}$  (kálium-40), a  $^{222}\text{Rn}$  (radon-222), a  $^{226}\text{Ra}$  (rádium-226). Mesterséges eredetű izotópok közül kiemelkedik a  $^{90}\text{Sr}$  (stroncium-90), illetve a  $^{137}\text{Cs}$  (cézium-137), amelyek a csontképzési szervek működését befolyásolják. Az ivóvízvizsgálatok során az összes  $\alpha$ - és  $\beta$ -sugárzást vizsgálják.

### 6.3.2. A kémiai szennyezők

A kémiai szennyezők a könnyebb áttekinthetőség érdekében szerves szennyezőkként és szervetlen szennyezőkként csoportosítva találhatók.

#### Szerves szennyezők

**A kőolaj és származékai** a vizek szerves szennyezői közül dobogós helyet foglalnak el. A kis sűrűségű kőolaj és olajszármazékai a víz felszínén szétterülve vékony, monomolekulás filmet képeznek, ezzel megakadályozva a megfelelő oxigén bejutását a vízbe (1 tonna olaj 1200 hektár vízfelületet zárhat el). Előtérbe kerülhetnek az anaerob bomlási folyamatok ammónia, metán, kén-hidrogén és egyéb mérgező gázok képződhetnek.

A kőolajszármazékok kis koncentrációban is mérgezők és ízrontóak. Számos vízi élőlény szaporodását gátolják, és rontják alkalmazkodóképességüket is. A halak kopolyújára tapadva légzésüket akadályozza, illetve a vízi madarak tollát összetapasztja. A kőolaj biológiailag nagyon nehezen bontható, ennek ellenére a leghatásosabb tisztítást egyes olajfaló mikroorganizmusok bevetésével értek el. Alkalmaznak nagy felületű adszorbenseket is a szennyeződések megkötésére.

**Fehérjék, zsírok, szénhidrátok** főleg kommunális szennyvizekben, vágóhidak közelében és élelmiszer-, bőr-, cukoripari szennyvizekben nagyon gyakoriak. Mindenképpen szükséges a biológiai szennyvíztisztítás, amelynek során a szennyező anyagokat az alkalmazott mikroszervezetek lebontják, felhasználják életfolyamataikhoz, ezáltal a szennyvíz megtisztul. A szerves szennyezők mellett számolni kell az esetleges fertőző kórokozók jelenlétével is.

**Szappanok, szintetikus mosószerek** felületi feszültséget csökkentő anyagok révén elősegítik a habképződést, ezáltal csökkentik a víz és a légkör közötti gázcserét, valamint akadályozzák a fény bejutását is. A szintetikus mosószerek molekulái kémiaiilag egy hosszabb apoláris (hidrofób) szénláncból és egy rövidebb, vízben oldódó poláris (hidrofil) részből állnak. A textilipari és a háztartási szennyvizek tartalmazzák nagy mennyiségben.

**Fenolok** néven a fenolvegyületeket értjük, amelyek íz- és szagrontó hatásúak. A halhús ízét élvezhetetlenné teszik, a fenol a vízben a fertőtlenítésre szánt klórral reakcióba lép és a képződő klór-fenol mérgező, intenzív kellemetlen szagot és ízt okoz. A fenol az ipari szennyvizek gyakori alkotórésze.

A **növényvédő szerek (peszticidek)** széles tárházát alkalmazzák a mezőgazdaságban a haszonnövények károsodásának gátlására. Ezek a vegyületek közül számos a természetben hosszú ideig nem bomlik le, némely vegyület mutagén (genetikai állományt károsító), illetve karcinogén (rákkeltő) hatású. Jelenlétükre mind a felszíni, mind a felszín alatti vizekben számítani lehet. Közismert, a régen nagy mennyiségben használt, mára már betiltott DDT (diklór-difenil-triklór-etán) teratogén (magzatkárosító) hatása is.

#### Szervetlen szennyezők

A **nehézfémionokat** főleg a fémfeldolgozó, a galvanizáló technológiából származó szennyvizek tartalmazzák. Eltávolításuk csapadékképződéssel, kémiai oxidációval történhet. Veszélyességüket fokozza, hogy a természetben hosszú ideig megmaradnak, vagy akár mikroorganizmusok által átalakulhatnak még toxikusabb vegyületekké is, amelyek a táplálékláncon keresztül felhalmozódhatnak az emberi szervezetben is.

A **higany** bénulást, vakságot, súlyos esetben halált okoz. Mérgező hatását annak tulajdonítják, hogy könnyen kötődik a fehérjék tiol- (-SH) csoportjához és így alapvető biokémiai folyamatokat gátol. Mára már közismertek a higany alkilszármazékainak halálos mérgezési esetei. Az első súlyos katasztrófát Minamata (Japán, 1953.) halászfaluban okozta. A falu közelében egy alkáli-kloridot elektrolizáló üzemről éveken át nagy mennyiségű higany került ki. Az ipari műveletből származó higany a tengervízbe kerülve, az ott élő mikroorganizmusok hatására metil-higannyá, illetve dimetil-higannyá alakult, amelyet a vízi élőlények képesek voltak felvenni. A higanyvegyületek toxicitása nő az alkilezés mértékével, a dimetil-higany az egyik legveszélyesebb higanyvegyület. A szervezetbe beépült higanyvegyületek a táplálkozási láncban keresztül eljutottak egészen az emberekig. Erre azonban csak akkor derült fény, amikor a falu lakói közül hirtelen száznál is többen lettek egyszerre betegek a különös, görcsökkel és bénulással járó betegségben. 1975-ig 3500 haláleset történt. 1 kg higany 1 millió m<sup>3</sup> vizet szennyezhet el.

A **kadmium** a legveszélyesebb vízszennyezők egyike, már néhány mikrogramm/liter koncentrációban is mérgező. Felhalmozódhat a vesében és a csontképzési szerveket is károsítja. Ha beépül a szervezetbe, akkor csonttrikulást, a gerincoszlop fájdalmas zsugorodását okozza. A betegséget szintén Japánban írták le, neve itai-itai, jelentése nagyon fáj, mert a betegek eredeti magasságuk felére törpülnek össze és így a belső szerveket érő nyomás elviselhetetlen fájdalmat okoz. Foszfortartalmú műtrágyákban a gyártás során feldúsulhat.

Az **ólom** a textilipar festékei, akkumulátorgyártás és régebben a közlekedés révén került nagy mennyiségben a talajba és a vizekbe. Gátolja a vörösvérsejtek képzését, csökkenti a szellemi teljesítőképességet, valamint vesekárosodást idéz elő.

A **vas és a mangán** létfontosságú elemek. Kis mennyiségben a szervezetben is előfordulnak. A vas és a mangán ionjai elsősorban ízrontó hatásúak, de a mangán nagyobb koncentrációban idegkárosító hatású. Elsősorban az ipari szennyvizekkel jutnak a természetes vizekbe, de jelentős mennyiségű vasion mosódik be a szerkezeti elemek korróziója során is.

Az **arzén** a szénérőművek, kohászati hulladéktelepek és meddőhányók anyagaiból mosódik ki. Az arzén a toxicitás szempontjából az egyik legrégebben ismert és vizsgált elem. Az arzénszármazékok toxicitása csökken az alkilezés mértékével, fordított a helyzet, mint a higanyvegyületek esetén.

Kimutatható összefüggés van a gyomor- és egyéb emésztőrendszeri daganatok, különböző húgyúti megbetegedések és a magas arzéntartalmú víz fogyasztása között. Ezért is sajátos magyar gond a Körösök-vidéken bekövetkezett arzéndúsulás. A magmás kőzetek bomlásakor a mélyebb talajrétegekben kioldódik és megjelenik a felszín alatti vizekben az arzén. Ez teljesen szokványos jelenség lenne, de a rétegvíz kivétel miatt az arzénban gazdag vizet már ivóvízként is használják, amely súlyos egészségügyi kockázattal járhat.

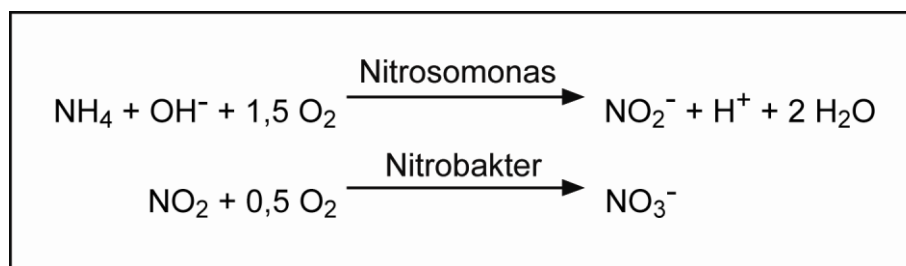
A **cianid** kérdése is komoly probléma volt hazánkban, hiszen 2000. január–február között a Szamos és Tisza folyókon óriási mértékű szennyezés vonult le. A folyók cianidszennyezését a romániai Nagybánya térségében működő vállalat okozta. A vállalat a térségben elterülő bányavidék meddőhányóiból ércdúsítási technológiákkal színesfémek kivonását végezte, amely alapvetően a meddő megőrlését követő cianidos kioldással történt. Az oldásos eljárás rendkívül nagy vízigénnyel járt, ezért a mosóvizek a tározás után visszaforgatásra kerültek. A Magyarországra áttérjedő környezeti katasztrófa a cianidtartalmú szennyvíztározó gátjának szakadása miatt következett be. A szennyezés alapvetően cianidtartalmú fémkomplexekből tevődött össze. Az előzetes mérések szerint réz és cink volt kimutatható. A cianid és a cianidtartalmú fémkomplexek közvetlen akut toxicitást okoznak a velük érintkezésbe kerülő szervezetekkel, ezért óriási mértékű pusztulást okozott az ökoszisztémában.

A **foszfortartalmú** vegyületek a vizekbe mesterséges (antropogén hatás) és természetes (kőzetek oldódása) úton egyaránt bejuthatnak. Jelentős mennyiségű foszfát jut be a mosószerrel, mosogatószerrel, amelyeket mára a csökkentett foszfáttartalmú szerek váltottak fel. A műtrágyázás során is óriási mennyiségű foszfát kerül a környezetbe. Ily módon a műtrágya **kontamináns**ból szennyezővé válik. A felszín többlettápanyagtartalma a lefolyó csapadékvizet szennyezi, amely végső soron a felszíni vizek **eutrofizációját** okozza. Különösen a foszfáttartalmú műtrágyák gyorsítják fel az eutrofizáció természetes folyamatát.

A **nitrogéntartalmú** vegyületek a vizekben öt különböző formában fordulhatnak elő: elemi, szerves, ammónia-, nitrit- és nitrátnitrogén formában. A levegő egyik komponense, az elemi nitrogén kismértékben oldódik vízben (20 °C-on 14,2 mg/dm<sup>3</sup>), de a nitrogénvegyületek denitrifikációja útján is kerülhet a vízbe. A stabil N≡N kötés bontása nagy energiát igényel, ezért kevés mikroorganizmus képes a közvetlen elemi nitrogén megkötésére. Közvetlen nitrogénfixáló néhány pillangós növény gyökérzetén élő heterotróf baktérium, illetve a kékalgák.

A szabad ammónia- és ammóniumion-koncentráció a kémhatás és a hőmérséklet függvénye. Az  $NH_3 + H^+ \rightleftharpoons NH_4^+$  egyensúlyi folyamat, 25 °C-on pH=8-nál az összes ammónia, valamint az ammóniumion 36%-a mérgező ammónia formájában van jelen. A vizekben az ammóniumion-szennyezés két forrásból eredhet: az egyik a műtrágyákból történő kioldódás, másik pedig a szerves nitrogénvegyületek bomlásából ered, így a szerves szennyezések egyik fontos mutatója. Eltávolítása a fertőtlenítés előtt mindenképpen szükséges, mert a fertőtlenítőszerrel reagálva (pl. klórral) mérgező és kellemetlen szagú klóraminok képződhetnek.

A vízben mikrobiális folyamatoknak köszönhetően az elhalt növényi és állati sejtek bomlása során a szerves vegyületekben kötött nitrogénből először ammónia képződik (**ammonifikáció**), amely a mikroorganizmusok **nitrifikációs** folyamatai révén először egy lassú folyamatban nitritionná, majd gyorsan lejátszódó reakció során nitrátionná oxidálódik. A folyamat reakcióegyenleteit a 6.3.1. ábra szemlélteti.



6.3.1. ábra: A nitrifikáció folyamatai

Mivel az ammónia nitrácionná történő oxidációs folyamatában az első reakció a sebesség-meghatározó (lassú), ezért a vizekben a nitrition koncentrációja mindig alacsony marad. A nitrátképződés pH- és hőmérsékletfüggő folyamat, a legkedvezőbb a 8–8,5-es kémhatás.

A nitrácion redukciós folyamatát, amelynek során a mikroorganizmusok végső soron elemi nitrogént állítanak elő, **denitrifikáció**nak nevezik. Ezen folyamat az alapja nitrogén eltávolításának a szennyvíztisztító telepeken.

A nitrogénvegyületek megjelenése a vizekben és a szennyvizekben a fenti folyamatokkal magyarázható, amelyet a csatornázatlanság problémája súlyosbít. A másik, közvetlen ok az intenzív mezőgazdaságban alkalmazott műtrágyázás, amellyel nagy mennyiségben jut ki ammónium- és nitrácion a talajba különböző műtrágyák formájában. A környezetvédelmi szempontból a nitrogéntartalmú műtrágyák jelentik a legnagyobb veszélyt, hiszen az ammónium- és nitrácionok vegyületei jól oldódnak vízben, valamint a nitrácionnal a környezetben jelen lévő kationok nem képeznek csapadékot. Így a nitrácion a talajvízig szinte megállás nélkül szivároghat. A nitrát- és nitrition vegyületeinek vízben való jó oldhatósága miatt kristályos formában a nitrition nem, csak a nitrácion képez ásványokat vízmentes, forró klímájú helyeken (chilei salétrom,  $\text{NaNO}_3$ ). Természetes folyamatok révén is kerülhet a talajba, talajvízbe nitrát (nitrifikáló baktériumok), de ennek mértéke lényegesen kisebb, mint az intenzív műtrágyázásból eredő. A műtrágya kimosódásának mértéke függ a kiszórt műtrágya mennyiségétől, az időjárási és a talajviszonyoktól, a növénytakaró fajtájától, mennyiségétől, illetve tápanyagfelvevő képességétől is.

Az elszennyezett talajvízzel vagy felszíni vízzel történő locsolás, illetve ivóvízként történő felhasználása komoly egészségügyi hatást gyakorolhat az élő szervezetekre (*methaemoglobinaemia*). Bizonyos növények (rettek, spenót) akkumulálják a nitráciont a szervezetükben, így táplálékként elfogyasztva az emberi szervezetbe is jelentős mennyiség kerül.

A talajvíz nitrácion-tartalmának növekedése azokon a területeken jelent közvetlen veszélyt az emberre, ahol az ivóvizet ebből nyerik (kis falvak, tanyák). A falusi településeken belül a hiányos közművesítés is hozzájárult a talajvíz extrém elszennyezéséhez, amelynek növekedése napjainkra világjelenség lett. Sajnos erre jó példa volt hazánk, ahol az 1980-as évek második felében csaknem 800 település talajvízkútjaiban jóval az egészségügyi határérték fölött volt a nitrácion-koncentráció, ezeken a településeken az ivóvíz-szolgáltatást zacskós vízzel látták el. Kijelenthetjük, hogy mára hazánkban mindenhol a talajvízkutak jelentős nitrácion-koncentrációjuk miatt elszennyeződtek.



### *A biológiai szennyezők*

A különböző betegségeket okozó (patogén) vírusok és baktériumok gyakoriak lehetnek a háztartási szennyvizekben (főleg Salmonella típusúak), valamint élelmiszer-, gyógyszeripari szennyvizekben. Ezek bejutása a természetes vizekbe azok elszennyeződését okozhatják. A vizek fertőzöttségének kimutatására a fekális szennyeződést jelző Coli-baktériumot használják. Ha a vízben rendellenesen több a számuk, hastífusz, vérhas- és kolera-baktériumok jelenlétére is gyanakodhatnak. A kórokozókat kémiai oxidációval, például klórozással pusztítják el.

## **6.4. Szennyvizek**

Mind az ipar, mind a háztartások által használt vizek nagy része szennyezett állapotban kerül vissza a vízkörforgalomba. Mivel vízszükségletünket a természetes vizekből fedezzük, meg kell akadályoznunk, hogy a szennyvizek elszennyezzék vagy megfertőzzék vízforrásainkat.

Szennyvíz minden olyan víz, ami valamilyen módon felhasználásra került. A benne található komponensektől függően a szennyezés lehet: oldott, oldhatatlan, szerves, szervetlen vagy akár egyszerre mind. A környezetbe kikerülve problémát okoz, ezért a további környezetszennyezés elkerülése érdekében tisztítani kell, azaz a problémás komponensek eltávolítását meg kell oldani.

A szennyvizek csoportosítása eredet szerint:

A szennyvizet leggyakrabban a képződésük helye, azaz eredetük szerint csoportosítják, amely szerint három csoport létezik.

1. **Kommunális vagy háztartási szennyvíz:** a lakosság által előállított szennyvíz. Városi szennyvíznek az ipari szennyvízzel keveredett kommunális szennyvizet nevezik.
2. **Ipari szennyvizek:** iparáganként, üzemenként jelentősen eltérő összetételűek lehetnek, amelyek szennyezőanyag-tartalma így meghatározza az alkalmazott tisztítás technológiáját. Az ipari szennyvizeken belül megkülönböztethetünk:
  - Szénhidrogén-tartalmú szennyvizet, amelyet olajfinomítók, vegyipari alapanyagot gyártó üzemek bocsátanak ki,
  - Nehézfém tartalmúakat, amely a fémfeldolgozó, galvanizáló-, elektrolizálóüzemek szennyvize,
  - Zsír- és fehérjetartalmúakat, amelyek a tejipari üzem, vágóhidak, húsfeldolgozó üzemek szennyvize,
  - Oldott szervesanyag-tartalmúakat, amelyek között színezékeket a festékgyárak, textilfestő üzemek bocsátanak ki, míg szénhidrátokat, huminsavakat a cellulósgyárak, a cukorgyárak szennyvize tartalmaz nagy mennyiségben,
  - Lebegőanyag-tartalmú szennyvizek a papírgyárak, a fémfeldolgozó üzemek szennyvize, illetve a bányavizek,
  - Magas sótartalmúak pedig a hőerőművek és a bányavizek.
3. **Mezőgazdasági szennyvizek:** a harmadik csoport, amelyet bizonyos esetekben nem különítenek el és az ipari szennyvizekhez sorolnak, a mezőgazdasági termelés során keletkező szennyvizek.

### 6.5. A vízszennyezés és szennyvíztisztítás hazai helyzete

Magyarország felszíni vízkészleteinek 5%-a sem ered hazai forrásból, ezzel adott mennyiségű és minőségű víz érkezik hazánkba. Az elmúlt években a külföldről eredő vízfolyásaink minősége az országba történő belépéskor közel változatlan minőségű.

A Rajkánál belépő Duna szerves szennyezése már évek óta nem nő, de a Komáromnál beömlő Vágon olyan mértékű szennyezés éri a folyót, hogy csak közvetlenül Budapest előtt lesz közel azonos minőségű, mint az országba belépésekor. A főváros is jelentős szerves terhelést okoz, amellyel a hercegszántói országhatárig terjedő Duna-szakasz öntisztító kapacitása a rendelkezésre álló 1-2 napos lefolyási idő alatt alig tud megbirkózni. A magyar Duna-szakasz egyéb szennyezőgócjai (Győr, Dunaújváros) eltörpülnek Budapest mellett. A hazai Duna-szakasz további szennyezésének elsősorban Budapest szennyvizeinek tisztításával lehet gátat szabni. Jelentős javulást várnak a szakemberek a 2009-ben üzembe helyezett Központi Szennyvíztisztító Teleptől. Budapest jelenleg három működő szennyvíztisztító teleppel rendelkezik (Észak-pesti, Dél-pesti és a Központi Szennyvíztisztító telep). Az Észak-Pesti Szennyvíztisztító Telep 200 ezer m<sup>3</sup>/nap, a Dél-Pesti Szennyvíztisztító Telep 80 ezer m<sup>3</sup>/nap, míg a Központi Szennyvíztisztító telep 350 ezer m<sup>3</sup>/nap kapacitású. A három tisztítótelep a budapesti szennyvíz 95%-át tisztítja meg biológiailag, a fennmaradó rész tisztíthatatlanul vagy csak mechanikai tisztítás után kerül a Dunába. Ez az érték kiemelkedően jó a korábbi évek 52%-os értékéhez képest.

A közcatornát igénybe vevő ipari üzemek előtisztító berendezéseinek kiépítését is folyamatosan végzik. A Budapesten kívüli szennyezőgócok megszüntetése is megkezdődött. Elkészültek a Budapest feletti Duna-szakasz mellé települt üzemek, Győr és Vác város, Dunakeszi ipari létesítményei, valamint a dunaújvárosi ipari terület, illetve a százhalombattai petrokémiai ipari terület szennyvízkezelő létesítményei.

A szennyvíztisztítás helyzetének javítására született meg a Nemzeti Települési Szennyvízelvezetési és -tisztítási Megvalósítási Program az Európai Unió Szennyvíz Keretirányelvvel összhangban, amelynek egyik meghatározó célja többek között a [közműöllő](#) záródási ütemének felgyorsítása. A közműöllő (az ivóvíz- és a csatornahálózatra csatlakozott lakások aránya, részletesebb értelmezése a Fogalomtárban) záródása lassan javuló tendenciát mutat. Az 1995-ben tapasztalt, legnyitottabb állapotához képest (45,8%), 2008-ban 23,6% volt. Az évenkénti záródás üteme körülbelül 1,5%-os. 2008-ban már a szennyvíz-csatorna-hálózatra rákötött lakosság aránya 70,8%, a csatornára nem bekötött lakások aránya a csatornahálózattal ellátott területeken 8,6% és a csatornázatlan területeken lévő lakások aránya 20,6%. Az ivóvízhálózatra csatlakozott lakosság aránya 94,9% volt. 2010-ben 1095 szennyvíztisztító létesítmény működött hazánkban. Hazánkban az összes szennyvíz 79,7%-át tisztítják (biológiai és tercier fokozat együtt), míg 20,3%-át nem vagy csak mechanikai tisztításra kerül sor.

A Nemzeti Települési Szennyvízelvezetési és -tisztítási Megvalósítási Programot az Európai Unió a tagországok részére kötelező feladatként írja elő, melyet – felülvizsgálatot követően – két évente be kell mutatni az Európai Bizottságnak. Ennek megfelelően eddig a program felülvizsgálatára négy alkalommal került sor, legutóbb 2008. december 31-ei állapotokat ismertettek a jelentéstételi kötelezettségben. A jelentés bemutatja darabszám és [lakosegyenérték](#)ben kifejezett terhelés tekintetében a 2000 lakosegyenérték feletti szennyvízelvezetési agglomerációkat alkotó településeket, gyűjtőrendszereket, a szennyvíztisztító telepeket, a várható eredményeket és költségeket. A benyújtott program tartalmazza a 2015-ig terjedő időszak fejlesztési törekvéseit is. A 2008-as állapotokhoz képest 2015-re a

szennyvízgyűjtő hálózat hossza 50,1 ezer km-ről 67,5 ezer km-re, a csatornabekötéssel rendelkező lakások aránya 70,8%-ról 90,7%-ra fog nőni. A program végére az elvezetett szennyvizek a 2000 lakosegyenérték feletti szennyvízelvezetési agglomerációkban legalább biológiai, szükség esetén harmadik fokozatú tisztítást kapnak. A 10 ezer lakosegyenérték szennyezőanyag-terhelés fölötti, szennyvíz befogadására érzékeny területeken pedig a III. fokozatú tisztítást is előírja.

2003-ban létrehozták a Települési Szennyvizek Ártalommentes Elhelyezésének Nemzeti Programját, amely műszaki és gazdasági okokból két részre tagolódott. Az „A” program: az előzőkben bemutatott Nemzeti Települési Szennyvízelvezetési és -tisztítási Megvalósítási Programra, és a „B” program: a közműves szennyvízelvezető és -tisztító művel gazdaságosan el nem látható területekre vonatkozó Egyedi Szennyvízkezelési Nemzeti Megvalósítási Programra. A „B” program lehetőséget ad a szennyvízelvezető közművel gazdaságosan, illetve környezeti előnyök szempontjából indokoltan el nem látható területek költség- és környezetkímélő, szakszerű egyedi szennyvízkezelő létesítményekkel való ellátására, biztosítva ezzel az ország minden polgárának az egyenlő életminőség, a komfortos lakásokhoz jutás lehetőségét. A mai becslések szerint ezek a korszerű, de egyszerű megoldások az ország lakosságának mintegy egynegyed részénél jönnek számításba. A program meghatározza az egyedi szennyvízkezelés három eszközét: az egyedi szennyvíz-elhelyezési kislétesítményt, az egyedi szennyvíztisztító kisberendezést és az egyedi zárt szennyvíztároló létesítményt, melyeket a közcsatornával gazdaságosan el nem látható területeken lehet, illetve kell megvalósítani.

A fentiek közül a szakszerű egyedi szennyvíz-elhelyezési kislétesítmények különösen alkalmasak széles körű lakossági alkalmazásra, a viszonylag egyszerű és költségkímélő megépítésük, karbantartásuk és működtetésük következtében. Az egyes ingatlanokon szakszerűen kialakított homok-, illetve kavicszsűrős megoldásokat költséghatékonysági szempontok miatt, rendszeres ellenőrzés mellett, elterjedten alkalmazzák a fejlett országokban.

A javuló adatok ellenére a magyarországi szennyvízkezelés két problémája a következő: az első a szennyvízmennyiség koncentrációváltozása, illetve a másik a szennyvizek alacsony fokkal történő tisztítása. A közcsatornán elvezetett szennyvíz mennyisége ugyanis 1990-ben megközelítette a 900 millió m<sup>3</sup>-t, 2002-ben viszont alig haladt meg az 500 millió m<sup>3</sup>-t, és a jelenlegi tendencia is csökkenő. A keletkezett szennyvíz mennyiségének visszaesése önmagában pozitív folyamat, de nem feltétlenül jelenti a szennyezőanyag-terhelés csökkenését. A szennyvíz mennyiségének csökkenésével párhuzamosan növekedett a szennyezőanyag koncentrációja, így a tényleges szennyező anyag mennyisége jelentősen nem csökkent.

A befogadóba vezetett szennyvizek és a használt vizek mennyisége a termelés visszaesése és a víztakarékosság miatt ugyan csökkent, de a szennyvizek jelentős részét egyáltalán nem vagy nem kielégítő fokozattal tisztítják, amely így újabb problémákat szül. Sok telepen csak mechanikai és biológiai fokozat van, még mindig hiányzik a harmadik (nitrogén- és foszforeltávolítás) tisztítási fokozat.

## 6.6. A szennyvíztisztítás folyamata

### 6.6.1. A szennyvíztisztítási technológiák csoportosítása

A szennyvíztisztítás során a szennyvízben található komponensek eltávolítása, átalakítása történik fizikai, kémiai módszerekkel, illetve mikroorganizmusok segítségével. A szennyvíztisztítás gyakorlatában több elvi és technológiai megvalósítás létezik. A szennyvíztisztítási technológiákat az alábbiak szerint csoportosíthatjuk:

- 1. Fizikai tisztítási eljárások:** ebbe a csoportba tartozik az ülepités (például Dorr-ülepítővel), a szűrés, a flotálás (felúsztatás), az aktív szenes adszorpció (felületen történő megkötődés), az olajok és zsírok lefőlézése. A szennyező anyagok fizikai tulajdonságainak különbsége, illetve a fizikai fázisszétválasztási módszerek a tisztítási eljárások alapjai.
- 2. Kémiai tisztítási eljárások:** az eltávolítandó komponensek kémiai átalakítása történik például csapadékképzéssel, elektrolízissel, ioncserével, kémiai oxidációval vagy redukcióval.
- 3. Termikus tisztítási eljárások:** közé sorolják az oxidációt magas hőmérsékleten és nyomáson, valamint az égetést.
- 4. Biológiai tisztítási eljárások:** lehetnek aerob és anaerob eljárások. A kommunális szennyvizek tisztítására leggyakrabban alkalmazott aerob biológiai eljárás az eleveniszapos eljárás, illetve létezik a csepegtetőtestes eljárás is. Az anaerob eljárások közé tartoznak a gyökérszűrés eljárások, illetve a nagy szervesanyag-tartalmú (ipari) szennyvizek rothasztása is.

A szennyvíztisztításban lejárású legfontosabb folyamatok a következők: a szerves anyag lebontása (biológiai oxidáció), [nitrifikáció](#), [denitrifikáció](#), a foszforvegyületek eltávolítása. A szerves anyag lebontása lehet aerob és anaerob.

A tisztítás fokát a befogadó viszonyai és a szennyvíz mennyisége, a gazdasági szempontok, valamint a tisztítási határértékek határozzák meg. A kommunális szennyvizek esetében a tisztítás során három fokozatot különítenek el, amelynek technológiai kivitelezése során számos alternatíva lehetséges. A következőkben egy háromfokozatú, aerob, eleveniszapos tisztítási eljárás bemutatása következik.

Az **elsőleges tisztítás** (mechanikai [I.] fokozat) célja a durva szennyeződések eltávolítása, illetve a lebegő anyagok kivonása, a szennyvíz biológiai tisztításra történő előkészítése. Önállóan csak ritkán felel meg az innen kikerülő előtisztított szennyvíz a befogadóba bocsátás minőségi követelményeinek, ezért legtöbb esetben **másodlagos tisztítási fokozatra** (biológiai fokozatra) is szükség van, melynek célja a nem ülepíthető kolloidok és oldott szerves anyagok eltávolítása, amely mikrobiológiai folyamatok révén következik be. A **harmadlagos tisztítási fokozat** a szennyvízben még megtalálható tápelemek (nitrogén-, foszfortartalmú vegyületek), illetve a másodlagos tisztítás eredményeként esetleg létrejött sók eltávolítása. A nitrogén és foszfor tápanyagok eltávolítása mindenképpen szükséges, mert a befogadóba bejutva eutrofizációt eredményeznek. A tápanyagok eltávolítása kémiai és biológiai módszerekkel történhet.

### 6.6.2. Az elsőleges tisztítási (mechanikai) fokozat részei

A bemutatásra kerülő mechanikai fokozat technológiai folyamatábráját a 6.6.1. ábra szemlélteti.

**Gereb, rács:** a durva, darabos szennyezések eltávolítására szolgál. Az innen kikerülő hulladékot rácsszemétnek nevezik, amely fertőtlenítéssel vagy fertőtlenítés nélkül hulladéklerakóra kerül.

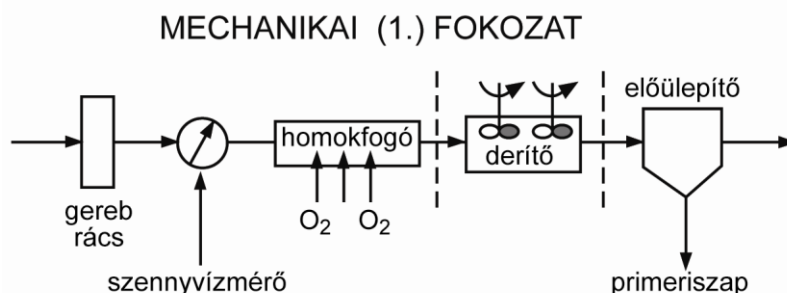
**Szennyvízhozam mérése:** legtöbbször egy bukóélen keresztüli átfolyást jelent. A bukóél feletti vízmagassággal határozzák meg a szennyvíz mennyiségét, de lehet ultrahangos vagy elektromágneses mérésű szennyvízhozammérés is.

**Homokfogó:** a gyorsan ülepedő szerves részecskék (homokszemcsék) kikerülését szolgálja a szennyvízből. A szennyvíz áramlási sebességének csökkentésével a részecskék kiülepednek. Az oxigénbefúvatás hatására a homokszemcsékre tapadt lebegő, szerves szennyező lekerül róla („megmossák a homokot”), ezzel az is elérhető, hogy a szennyvíz rothadása ne induljon be. A „mosott” homok kerül ki a rendszerből.

**Derítő:** nincsen minden telepen, ezért szaggatott vonal jelzi a 6.6.1. ábrán. A derítés lényege, hogy a szennyvízben lévő részecskék mérettartományát derítőszerkezet adagolásával megnövelik és így eltávolíthatók (kiülepíthető) a szennyvízből. A szennyvízben jelen lévő részecskék mérettartománya a homokszemcséket is beleértve  $10^{-3}$ – $10^{-6}$  m. A  $10^{-3}$  m-es nagyságrend szerves hánnyada a homokfogóban, míg a szerves hánnyada majd az előüleptetőben ülepedhet ki. A kolloid mérettartományba ( $10^{-7}$  m és az alatti tartomány) tartozó részecskék nem ülepednek ki az előüleptetőben, ezért szükséges méretük növelése. A kolloid részecskék felületi töltése negatív, a negatív töltések elektrosztatikusan taszítják egymást, ezért nem érhető el az ütköztetéssel történő nagyobb részecskeméret. A részecskék felületi töltését semlegesíteni kell, hogy ütközéskor összetapadhassanak. A negatív töltésű részecskékre az oldatból pozitív töltésű részecske adszorbeálódik, így a felületi zéta potenciál ( $\zeta$ ) csökken a további ionok hatására (a folyadék részecskével együtt mozgó folyadék réteg felületén mért potenciál a zéta ( $\zeta$ ) potenciál). Az ilyen kolloid rendszerekben cél a negatív zéta potenciál közelítése a nullához, ezt egyre több pozitív töltésű ionnal végezzük. Erre a célra a többszörösen pozitív ionok alkalmasak: alumíniumion ( $\text{Al}^{3+}$ ), vas(III)ion ( $\text{Fe}^{3+}$ ), amelyek koagulálószerkezetek. A zéta potenciál lecsökkenésével a részecskék képesek összekapcsolódni, s így koagulál a rendszer. A háromértékű alumíniumionok és vas(III)ionok az alábbiak szerint hidrolizálnak:



A pelyhes, laza, nagy fajlagos felületű alumínium(III)-hidroxid [ $\text{Al}(\text{OH})_3$ ] és a vas(III)-hidroxid [ $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ] csapadékok gyorsan képződnek. Ezeken a pelyheken az egyedi, illetve a koagulált részecskék adszorbeálódhatnak, így egyre nagyobb pelyhek képződnek, de ezek is nehezen ülepednek. Az ülepedés elősegítése érdekében poliakril-amid (PAA) vízzoldható polielektrolitot adnak a rendszerhez, amelynek savamid-csoportjaiból karboxilcsoport lesz részleges hidrolízis következtében ( $-\text{CONH}_2 \rightarrow -\text{COOH}$ ). A karboxilcsoportok disszociálnak karboxilionra és hidrogénionra, ezért a poliakril-amid lánc negatív töltésű polielektrolit lesz. A korábban összeállt, koagulált részecskéket a polielektrolit kapcsolja össze, ezáltal nagy pelyhek (flokulumok) képződnek (flokuláció), amelynek eredményeként  $3\text{--}5 \cdot 10^{-3}$  m-es pelyhek is képződhetnek. A pelyhek 99%-a víz, laza, törékeny szerkezetűek, az intenzív keverés hatására széteshetnek. A hatékony koaguláció eléréséhez intenzíven kell a koagulálószerkezet bekeverni, de lassú keverés szükséges a flokulációkor a pelyhek szétesésének elkerülése végett.



6.6.1. ábra: A háromfokozatú, eleveniszapos szennyvíztisztítási technológia mechanikai fokozatának folyamatábrája

**Előülepítő:** az áramlási viszonyok megváltoztatásával csökkentik az áramlási sebességet, ezért további részecskék ülepednek ki iszap formájában. Az előülepítőből a primer iszap kerül ki. Az első tisztítási fokozatot az előülepített szennyvíz hagyja el, amely nagy mennyiségben oldott, kis mennyiségben lebegő szerves anyagot tartalmaz. Ha derítés is van, akkor csak oldott szerves anyagot tartalmaz az előülepített szennyvíz.

Eddig tart az első tisztítási szakasz, azaz a mechanikai fokozat. A modern telepeken az előbb megismert valamennyi technológiai lépés fedett medencékben, zárt helyen zajlik. Az elszívott levegőt hatékonyan üzemelő büztelenítő berendezéseken, biofilterekön vezetik át. A 6.6.2. ábrán egy előülepítőt láthatunk.

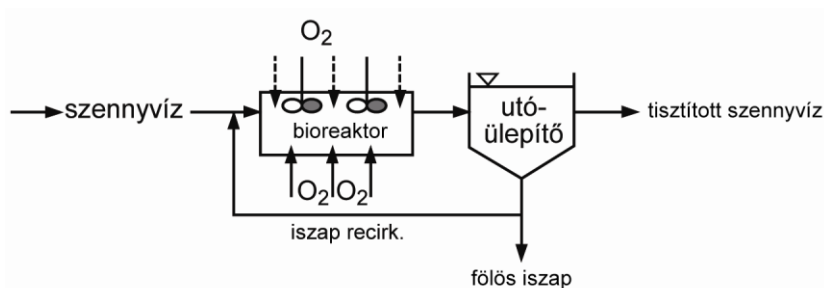


6.6.2. ábra: Előülepítő

(Forrás: Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep, Budapest, Fővárosi Csatornázási Művek Zrt.)

### 6.6.3. A második, biológiai fokozat részei

**Biológiai medence:** az oldott szerves szennyeződések eltávolítása történik az eleveniszap mikroorganizmusai által. A baktériumok életfolyamataihoz biztosítani kell a megfelelő oxigén bejutását. Az oxigén befűvése sűrített levegő formájában történik turbófűvőkák segítségével. A mikrobiológiai oxidáció révén a szennyvíz szervesanyag-tartalma lecsökken, így a víz megtisztul. Szükséges az oxigénbefűvés és a keverés mellett, hogy az iszap-koncentrációja állandó legyen, ezért recirkuláltatják az iszapot. A recirkuláció folyamán az utóülepítőből kikerült iszap egy részét visszavezetik a biológiai medence elejére. A biológiai medencét az eleveniszap és tisztított szennyvíz hagyja el. Sokszor a biológiai reaktor-nak, illetve levegőztetőmedencének is nevezik, a folyamatábrát a 6.6.3. ábra szemlélteti.



6.6.3. ábra: A háromfokozatú, eleveniszapos szennyvíztisztítási technológia biológiai fokozatának folyamatábrája

A toxikus anyagok (pesticidek és bomlástermékeik, fenolok stb.) hatására a mikroorganizmusok életfeltételei romlanak, így a biológiai lebontás és ezzel együtt az elfolyó, tisztított szennyvíz minősége romolhat. Nagy koncentrációban a telepre érkező toxikus komponensek teljesen megmérgezhetik az eleveniszap baktériumközösségét. A telep így nem tudja tartani a befogadóba bocsátás kötelező határértékeit, amely további környezetvédelmi problémát szül, illetve a telepet bírsággal is sújthatják. Az eleveniszap (baktériumközösség) védelme elengedhetetlenül szükséges feladat a szennyvíztisztításban, hiszen a kommunális szennyvízzel az ipari szennyvizek is bekerülhetnek a szennyvíztisztító telepre, mérgezve azokat. A 6.6.4. ábra egy eleveniszapos biológiai medencét mutat be.

**Utóülepítő:** a tisztított víz és az eleveniszap szétválasztására alkalmazzák. A kiülepedett eleveniszap egy részét szivattyúkkal juttatják vissza a levegőztetőmedencékbe (recirkuláltatás), hogy a biológiai medencében az eleveniszap-koncentrációja állandó legyen. Az utóülepítőt a tisztított víz hagyja el, valamint a nem recirkuláltatott, fölös eleveniszap.



6.6.4. ábra: Biológiai medence

(Forrás: Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep, Budapest, Fővárosi Csatornázási Művek Zrt.)

#### 6.6.4. A harmadik (tercier) tisztítási fokozat részei

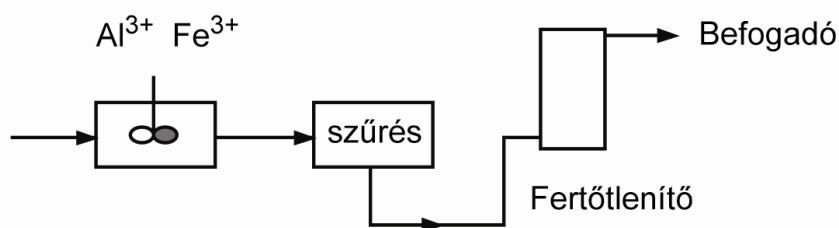
A terciér fokozat során a nitrogén- és foszforvegyületek eltávolítása történik. A biológiai fokozatban a szerves nitrogénvegyületek az ammonifikáció folyamatában ammóniumionná alakulnak, amely a nitrifikáció során nitritionon keresztül nitrátiónná oxidálódik. A nitrátió a denitrifikáló baktériumok életfolyamatainak köszönhetően az inert nitrogéngázzá redukálódik.

Ha nem történt foszforeltávolítás (derítés hiányában) a mechanikai fokozatban, akkor itt kerülhet sor vegyszeres kezelésre a foszforeltávolítás érdekében. Vas- vagy alumíniumionokat adagolnak a szennyvízhez:



reakcióknak köszönhetően rosszul oldódó alumínium(III)-foszfát, illetve vas(III)-foszfát csapadékok képződnek, amelyek szűréssel eltávolíthatók. Az adagolt vas-, illetve alumíniumionokat tartalmazó oldatok ugyanazok, amelyeket a derítésnél megismertünk. Ezért a koagulálószer egy része a felületi töltés áttöltésére, egy része a hidrolízisre, egy része pedig a foszfátiónnal történő reakcióra fordítódik.

A terciér fokozat folyamatábráját a 6.6.5 ábra mutatja be. A harmadik (tercier) tisztítási fokozat után fertőtlenítésre kerül sor, általában klórgázzal, a patogén mikroorganizmusok eltávolítása érdekében.



6.6.5. ábra: A háromfokozatú, eleveniszapos szennyvíztisztítási technológia terciér fokozatának folyamatábrája

Minden szennyvíztisztító telepen nagy mennyiségű szennyvíziszap keletkezik. A primer iszap és a fülös iszap feldolgozása önállóan vagy kevert iszap formában történhet. Az előülepített iszapban több a szerves anyag, valamint tömönyebb, míg a hígabb fülös iszapban nagy mennyiségben szerves anyagok vannak.

### 6.7. A szennyvíziszap-kezelés áttekintése

A szennyvíziszap-kezelés célja az iszap rothadókéességének és fertőzőképességének megszüntetése, a térfogatcsökkentés, valamint az iszapban lévő szerves anyag, tápelem, nyomelem átalakítása hasznosítható termékekké. A primer (előülepített) és a fülös iszapot (utóülepített) leggyakrabban összekeverik és együtt kezelik tovább. Az iszapkezelés lépései a következők:

**1. Sűrítés:** legtöbbször gravitációs rendszerrel, illetve centrifugákkal történik 6%-os szárazanyag-tartalomig. Ez a lépés kötelező.



**2. Stabilizálás:** a szerves anyag lebontása aerob, illetve leginkább anaerob módszerrel történhet. Az anaerob lebontás (rothasztás) során fontos szerepe van a hőmérsékletnek. A rothasztás mezofil (átlag: 35 °C-on), illetve termofil (átlag: 55 °C-on) történik. A stabilizálás eredményeképpen metántartalmú biogáz képződik, amely energetikai felhasználásával a telep villamosenergia-igénye jelentősen kielégíthető. Ugyan ez a lépés nem kötelező, de a szennyvíziszapból megtermelendő biogáz miatt kiépítése megfontolandó. A 6.7. ábrán biogáztornyokat láthatunk.

**3. Kondicionálás:** kötelező lépésében polielektrolit-adagolással javítják az iszap víztelenítését.

**4. Víztelenítés:** további víztelenítés iszapvíztelenítő centrifugákkal történik kb. 30-40%-os szárazanyag-tartalom, ez a lépés szintén kötelező.

A következő lépések a további iszapkezelés során alternatívákat jelentenek.

**5. Szárítás:** további szárítása az iszapnak, amely szoláris vagy fosszilis energiával történhet. Előtérbe kerültek a szoláris energiával történő szárítási technológiák.

**6. Mezőgazdasági hasznosítás:** víztelenítést követően a szennyvíziszap kijuttatható mezőgazdasági területre. Javasolható a szakaszos, prizmában történő tárolás utáni beszántásos elhelyezés szántóterületen.

**7. Komposztálás:** a víztelenített iszap komposztálható önmagában, illetve egyéb szerves anyagokkal együtt. A komposztálás során fertőtlenítés és szervesanyag-átalakítás történik. Az iszapkomposzt, mint talaj-utánpótlóerő mezőgazdasági felhasználásra kerül. Javasolható a beszántásos elhelyezés szántóterületen vagy ültetvényben. Minden mezőgazdasági elhelyezés előtt az iszap összetételét, illetve a mezőgazdasági területet (talajtani, termelési szempontok) is meg kell vizsgálni.

**8. Égetés:** az iszap viszonylag nagy szervesanyag-tartalma miatt elégethető.

**9. Lerakás:** az iszap hulladéklerakóra történő elhelyezése.



6.7.1. ábra: Biogáztornyok

(Forrás: Észak-pesti szennyvíztisztító Telep, Budapest, Fővárosi Csatornázási Művek Zrt.)

## 6.8. Függelékek

### 6.8.1. Bibliográfia

- Benefield, Larry D. – Randall, Clifford W.: Biological process design for wastewater treatment, Prentice-Hall International, 1980, London.
- Borsy Zoltán (szerk.): Általános természetföldrajz, Nemzeti Tankönyvkiadó Rt., 1988, Budapest.
- Csanády Mihály: Vízszennyezés okozta egészségkárosodás Magyarországon. In: Hidrológiai Közlöny, 1991./6., pp. 332–336.
- Dobóné Tarai Éva – Tarján András: Környezetvédelmi praktikum tanároknak, Mezőgazda Kiadó, 1999, Budapest.
- Garami Tibor – Göbel József – Párnay Zoltán: Budapest csatornázása, Mezőgazdasági Könyvkiadó, 1972, Budapest.
- Kerényi Attila: Környezetünk – egészségünk. Magazin Kiadó, 1994, Budapest.
- Kovács, I. – Fábrián, É. – Próder, I.: A környezetvédelem történeti előzményei I., In: A kémia tanítása III. évf. 1995./2. pp. 15–19.
- Moser Miklós – Pármai György: A környezetvédelem alapjai. Nemzeti Tankönyvkiadó, 1999, Budapest.
- Szabó, E. – Pomázi, I. (szerk.): Magyarország környezeti mutatói – 2002, Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, 2003, Budapest.
- Schroeder, Edward D.: Water és wastewater treatment, McGraw-Hill Book Company, 1977, New York.
- Tájékoztató Magyarország településeinek szennyvízelvezetési és -tisztítási helyzetéről, a települési szennyvíz kezeléséről szóló 91/271/EGK irányelv Nemzeti Megvalósítási Programjáról (időszak: 2007. január 01. – 2008. december 31.), Magyar Köztársaság, Vidékfejlesztési Minisztérium, Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Államtitkárság, 2010, Budapest.

### 6.8.2. Fogalomtár

**Ammonifikáció:** szerves nitrogén vegyületek mikrobiológiai átalakulása ammóniumionná. Szerves-N  $\rightarrow$   $\text{NH}_4^+$ .

**Denitrifikáció:** nitrátion mikrobiológiai átalakulása szerves szénforrás mellett elemi nitrogénné.  $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2$ .

**Emisszió:** a szennyező anyag kibocsátása.

**Immisszió:** a transzmissziót követően kialakult szennyezettégi állapot.

**Kontamináns:** olyan anyag vagy energia, amelyet az ember a környezetbe juttat, elsődleges hatásában nem okoz környezeti ártalmat, de a környezetben átalakulva szennyeződéssé válik.

**Közműolló:** a közműolló fogalmát többféleképpen értelmezhetjük. Lehet a közüzemi ivóvíz- és csatornahálózatra csatlakozott lakosság arányának különbsége, illetve a vezetékes ivóvíz- és szennyvízhálózat kiépítettségének egymáshoz való aránya. Elsődleges közműollóként az 1 km ivóvízhálózatra eső szennyvízhálózatként adják meg, másodlagos közműollóként pedig az ivóvíz- és a csatornahálózatra csatlakozott lakások arányának különbségéért. Ez utóbbi (talán) a legismertebb közműolló definíció.

**Lakosegyenérték (LE):** azt a lebontható szervesanyag-terhelést jelenti, amelynek ötnapos biokémiai oxigén igénye ( $\text{BOI}_5$ )  $60\text{g O}_2$  naponta.

**Nitrifikáció:** ammóniumion mikrobiológiai átalakulása nitritionon keresztül nitrátionná.  $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$ .

**Transzmisszió:** a szennyező anyag kibocsátása után a szennyező anyag terjedése, hígulása, szóródása, kémiai átalakulása az adott közegben.

## 7. LEVEGŐSZENNYEZÉS ÉS ÉGHAJLATVÁLTOZÁS (PONGRÁCZ RITA)

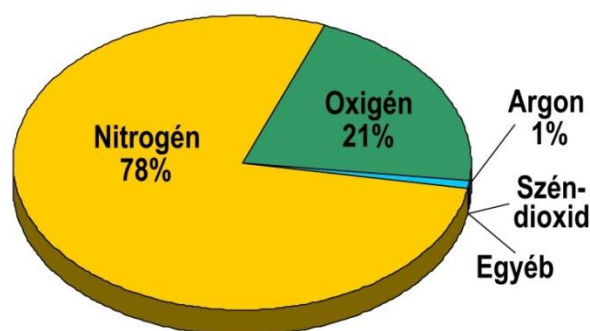
A környezetvédelem tárgykörén belül az egyik kiemelten fontos témakör a légkör szennyezettsége. Mivel a körülöttünk lévő levegőt lélegezzük be, ezért a minél kisebb mértékű szennyezés közös alapvető érdekünk. Ebben a fejezetben áttekintjük a levegőszennyezéssel kapcsolatos alapfogalmakat, a légkör kisebb térségekre kiterjedő, ún. lokális szennyeződéseit, a lehetséges fő szennyező anyagokat, valamint a globális léptékű légkörrel kapcsolatos környezeti problémákat (sztratoszférikus ózonréteg elvékonyodása, globális klímaváltozás).

### 7.1. Levegőszennyezési alapfogalmak

Szennyezett levegőről akkor beszélünk, amikor az adott légtér vagy a természetes alkotóktól minőségileg eltérő komponenseket tartalmaz vagy a természetes alkotók a szokásostól eltérő mennyiségben szerepelnek, és ezek az ember testi, szellemi, társadalmi vagy biológiai környezetét és tevékenységét kedvezőtlenül, illetve károsan befolyásolják. A tiszta levegő ezzel ellentétben egy olyan meghatározott elegy, amiben nincs por, füst, mikroorganizmus, illetve olyan gáz, amely nem tartozik a légköri levegő alkotórészei közé. A földi légkör levegője a fő összetevőkből és a különféle nyomgázok elegyéből áll. A fő összetevők közé soroljuk a nitrogént ( $N_2$ ), az oxigént ( $O_2$ ), az argont (Ar) és a szén-dioxidot ( $CO_2$ ), melyek 99,998%-ban megadják a levegőelegy összetételét (7.1.1. ábra). A nitrogén mintegy 78%-ban, az oxigén 21%-ban, az argon csaknem 1%-ban, a szén-dioxid még ennél is kisebb mennyiségben, csupán néhány századszázalékban ( $380 \text{ ppm}^1$ ) van jelen normál esetben a légkörben. A nyomgázok az elnevezésükben is jelzik, hogy csak nyomokban, jóval kisebb nagyságrendben fordulnak elő a fő összetevőkhöz képest. Az alkotóelemeket csoportosíthatjuk aszerint is, hogy milyen hosszú a légköri tartózkodási idejük. Így megkülönböztetünk állandó, változó és erősen változó komponenseket (7.1. táblázat). Az állandó komponensek tartózkodási ideje rendkívül hosszú, több ezer vagy több millió év is lehet, sőt a nemesgázok (Ar, Ne, He, Kr, Xe,) esetén végtelennek vehető, hiszen reakcióba nem lépnek természetes körülmények között, s így a légkörből való kikerülésük sem történik meg a szokásos módon. A változó komponensek jellemző tartózkodási ideje néhány évre tehető, míg az erősen változó komponensek esetén nagyságrendileg néhány napról beszélhetünk. Az utóbbi csoportba tartozó gázoknál lokálisan nagyon eltérő koncentrációt tapasztalhatunk, a táblázatban ezért is intervallumként adjuk meg a jellemző előfordulási arányt. Például a kibocsátóforrásoktól nagy távolságban, leginkább az óceáni térségekben egyáltalán nem találhatók meg, viszont a források közelében (a meteorológiai és egyéb földrajzi viszonyok függvényében) esetenként rendkívül feldúsulhatnak, s így jóval nagyobb koncentrációt mérhetünk.

---

<sup>1</sup> ppm: parts per million, egymilliomod rész (= 0,0001%)



7.1.1. ábra: A földi légkör fő összetevői

Típus	Összetevő	Térfogat%	ppm	Tartózkodási idő
Állandó	Nitrogén (N <sub>2</sub> )	78,084		10 <sup>6</sup> év
	Oxigén (O <sub>2</sub> )	20,947		5·10 <sup>3</sup> év
	Argon (Ar)	0,934		∞
	Neon (Ne)		18,18	∞
	Hélium (He)		5,24	∞
	Kripton (KR)		1,14	∞
	Xenon (Xe)		0,087	∞
Változó	Szén-dioxid (CO <sub>2</sub> )		380	15 év
	Metán (CH <sub>4</sub> )		1,774	4 év
	Hidrogén (H <sub>2</sub> )		0,5	6,5 év
	Dinitrogén-oxid (N <sub>2</sub> O)		0,32	8 év
	Ózon (O <sub>3</sub> )		0,04	≈ 2 év
Erősen változó	Szén-monoxid (CO)		0–0,05	≈ 0,3 év (100 nap)
	Vízgőz (H <sub>2</sub> O)	0–4		10–14 nap
	Nitrogén-dioxid (NO <sub>2</sub> )		0–0,003	≈ 6 nap
	Ammónia (NH <sub>3</sub> )		0–0,02	≈ 7 nap
	Kén-dioxid (SO <sub>2</sub> )		0–0,002	≈ 4 nap
	Kén-hidrogén (H <sub>2</sub> S)		0–0,003	≈ 2 nap

7.1. táblázat: A légkör összetétele, jellemző tartózkodási idők

A légkörbe kerülő komponensek eredetük szerint természetes vagy mesterséges forrásokból származhatnak. Természetes forrás például a vulkántevékenység (7.1.2. ábra), a homokviharok, a különféle szerves anyagok bomlástermékei, a természetes módon lejátszódó kémiai átalakulások, a természetes okokra visszavezethető (pl.: villámcsapás miatti) erdőtüzek, a felszíni mállási folyamatok, a szélerezózió, a tengervíz hullámozása vagy a különféle növényi pollenek. A mesterséges források az emberi tevékenységek különböző formáit jelentik, ilyenek például az alábbiak: ipar (7.1.3. ábra), bányászat, mezőgazdaság, közlekedés, háztartások, fűtési folyamatok, energiafogyasztás.



7.1.2. ábra: A Szent-Helen vulkán kitörése, 1980

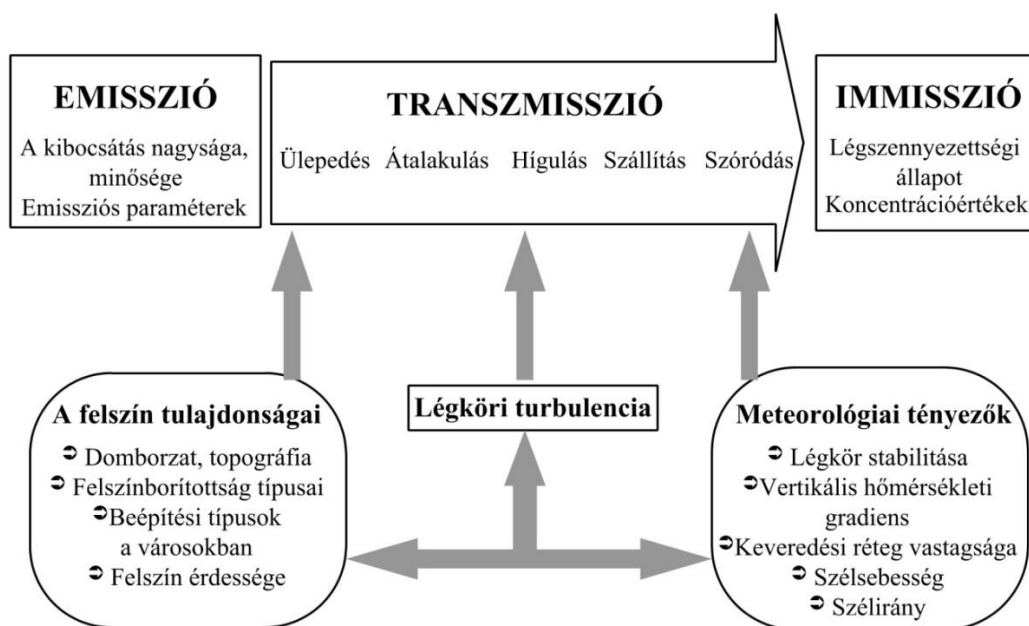


7.1.3. ábra: Ipari kibocsátás, Ijmuiden, Hollandia

A legtöbb komponens esetén a légkörbe kerülő, mesterséges forrásokból származó anyagmennyiség általában jóval kisebb, mint a természetes forrásokból származó. Ennek ellenére a környezet szempontjából a kisebb bekerülő mennyiségre fordítunk nagyobb figyelmet. A hangsúly eltolódásának az az egyszerű oka, hogy míg a természetes forrásokhoz társulva nyelőfolyamatok is kifejlődtek a Föld történetének hosszú-hosszú évmilliói, évmilliárdjai alatt – s ezek biztosítják a légkörbe be- és kikerülési folyamatok hosszú távú egyensúlyát –, addig a mesterséges forrásokhoz az egyre gyorsuló ütemű emberi tevékeny-

ség és az idő rövidege miatt nem alakulhattak ki a megfelelő nyelőfolyamatok. Az antropogén kibocsátás csupán az ipari forradalom térhódítása után, a világnépeség robbanás-szerű növekedésével jelent akkora mennyiséget, melyet a természetes nyelőfolyamatok már nem tudnak kompenzálni, s így ennek napjainkban már igencsak érzékelhető, komoly környezeti következményei vannak.

Az alábbiakban tekintsük át az emberi tevékenységekhez kapcsolódó legfontosabb levegőszennyezési alapfogalmakat! Ehhez nyújt segítséget a 7.1.4. ábra, ahol a levegőszennyezés folyamatát és fő befolyásoló tényezőit foglaljuk össze.



7.1.4. ábra: A levegőszennyezés folyamata és befolyásoló tényezői

A légszennyező anyagok kibocsátását emissziónak hívjuk, melyet a kibocsátott szennyező anyag minőségével, mennyiségével, valamint különféle emissziós paraméterekkel jellemezhetünk. Az emisszió különböző típusú forrásokból történhet. A legegyszerűbb eset, amikor a kibocsátás forrását pontforrásnak tekintjük, erre a legjellemzőbb példa egy ipari gyárkémény vagy egy autó kipufogócsöve. Ekkor a szennyező anyag jól körülhatárolható, a terjedés jellemző geometriai méretéhez képest igen kis hosszdimenziókkal megadható felületen keresztül kerül a légkörbe. Mozdó forrásról akkor beszélünk, ha a pontforrásnak tekintett objektum nem áll egy helyben. Tehát ide sorolhatók mindazon közúti gépjárművek, vasúti járművek, légi közlekedési eszközök, vízi járművek, mezőgazdasági gépek, vontatók, erőgépek, lassú járművek, vontatványok, amelyek haladása, működtetése légszennyező anyag kibocsátásával jár. Vonalforrásnak tekintjük a nyomvonalas közlekedési létesítményt vagy annak egy vizsgált szakaszát, amelynél az elhaladó járművek jellemzői (fajtája, típusa, kora stb.), sebessége és száma határozzák meg az egységnyi szakaszból származó légszennyezőanyag-kibocsátást. Végül felületi (vagy területi) forrásként értelmezzük azokat az eseteket, amikor a kibocsátás és a terjedés nagyjából azonos méret-tartományba esik. Például a nagy területen lerakott technológiai hulladékból kilépő légszennyező anyagok terjedésekor, a forrás közelében modellezve felületi forrást kell figyelembe vennünk a számítások során.

Ugyanez a kibocsátó forrás az adott megoldandó feladat, probléma szempontjából különböző típusokba is sorolható. Egy autó kipufogócsöve például lehet pontforrás, ha az autó éppen áll, és ebben a helyzetben vizsgáljuk a légkörbe kerülés utáni folyamatokat. Ha ugyanez az autó elindul, akkor már mozgó forrásként kell tekintenünk és ennek megfelelően felírni a számításokhoz szükséges egyenleteket. Amennyiben nemcsak egyetlen autót tekintünk, hanem egy adott útszakaszon elhaladó autók/járművek összességét, akkor már nem egyetlen mozgó forrást kell figyelembe vennünk, hanem a vizsgált útszakaszt vonalforrásként értelmezve kell végeznünk a szükséges elemzést. Egy város teljes úthálózata pedig akár területi forrásként is definiálható, ha a közvetlen légtérben lejátszódó folyamatokat kívánjuk megismerni.

A légkörbe való bekerülés után a légszennyező anyagok levegőben történő terjedését [transzmisszió](#)nak hívjuk, melynek a számításához különféle szabványmódszerek állnak rendelkezésre. A transzmisszió öt különböző mozzanatot foglal magában: a keveredést (vagy hígulást), az elszállítódást, a szóródást, az ülepedést és a kémiai átalakulást. Ezek mindegyikét befolyásolják a konkrét esetben jellemző meteorológiai és felszíni viszonyok. A felszín tulajdonságai közül például a domborzat, a felszínborítottság, a felszín érdessége és a városok beépítési típusai lényeges befolyásoló tényezők. A meteorológiai tényezők között kell megemlítenünk a légkör stabilitási viszonyait, melyet például a [vertikális hőmérsékleti gradiens](#)sel jellemezhetünk, a felszín közeli keveredési réteg vastagságát, a szélsebességet és a szélirányt.

A fenti felszíni és meteorológiai tényezők együttesen alakítják a légköri turbulenciát, mely alapvetően meghatározza a légköri transzmissziót. A nagyobb érdességgel jellemezhető felszín fölött kedvezőbbek a körülmények az örvények kialakulására, s így nagyobb a [turbulencia](#)hajlam is. Nagyobb mértékben turbulens légkörben a szennyező anyag keveredése sokkal könnyebben történik meg, mint kisebb turbulencia esetén. Ezzel szemben a szállítódás például kevésbé dominál a turbulensebb légrétegben.

A stabil légköri rétegződés (pl.: [hőmérsékleti inverzió](#) esetén) a függőleges átkeveredés szempontjából kevésbé kedvező, mint a labilis (instabil) légrétegződés. Ennél fogva a szennyező anyag keveredése és szóródása is kevésbé jellemző a stabil légtérre. Ekkor nagyobb hangsúlyt kap a szennyező anyag elszállítódása (melynek irányát és sebességét egyértelműen a szélvektor határozza meg) vagy az ülepedés (melyet szintén befolyásol a szél sebessége és iránya). Erős szél esetén a keveredés és szóródás helyett szintén az elszállítódás dominál a transzmissziós folyamatok közül, ám ekkor az ülepedés hatékonysága is csökken. A kémiai reakciók sebessége hőmérsékletfüggő, mely így a szennyező anyagok kikerülési folyamatát is alapvetően meghatározza. Stabil légköri viszonyok, illetve kisebb mértékű turbulencia esetén a környezeti körülmények kevésbé kedvezőek a kémiai reakciók lejátszódásához.

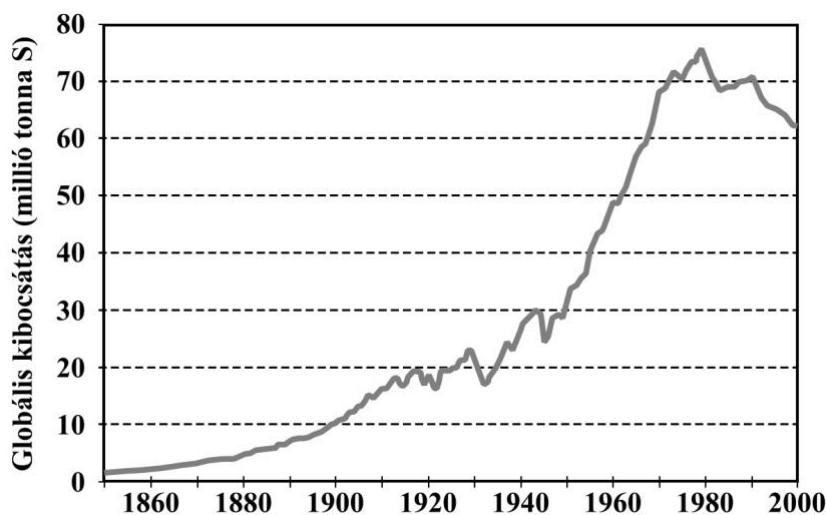
Végül a légszennyező anyagok terjedése és kémiai átalakulása révén adott terület légtérben a vizsgált légszennyező anyag meghatározott időtartamra jellemző koncentrációját tekintjük a légszennyezettség mértékének, a levegőminőségnek. Ezt szaknyelven [immisszió](#)nak is nevezzük. Lényeges különbség az emisszió és az immisszió között, hogy míg az előbbit az adott idő alatt kibocsátott légszennyező anyag tömege jellemzi, addig az utóbbit annak adott időtartamra és térrészre vonatkozó koncentrációja (mely esetén a mért tömeget le kell osztanunk a vizsgált térrész térfogatával).

## 7.2. Főbb légszennyező anyagok

Ebben a fejezetben az alábbi szennyező anyagokkal kapcsolatos antropogén forrásokat, az egészségügyi és egyéb környezeti hatásokat, valamint a kibocsátási tendenciákat tekintjük át: kén-dioxid ( $\text{SO}_2$ ), nitrogén-oxidok ( $\text{NO}_x$ ), ammónia ( $\text{NH}_3$ ), szén-monoxid (CO), por (PM10, PM2.5), illékony szerves vegyületek (VOC), benzol ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ), ólom (Pb), ózon ( $\text{O}_3$ ).

### 7.2.1. Kén-dioxid, $\text{SO}_2$

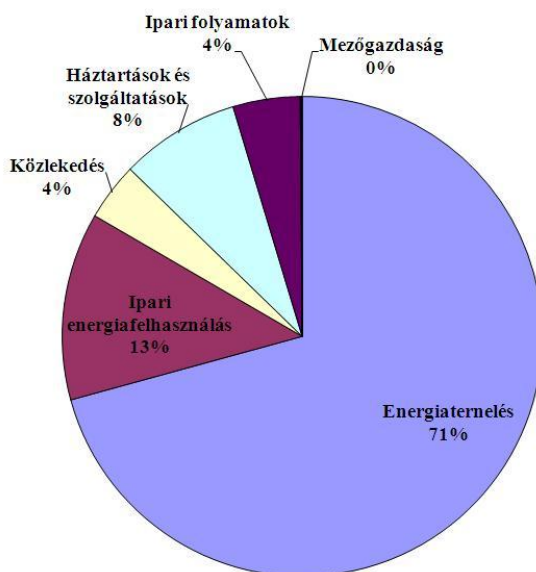
A kén-dioxid színtelen, szúrós szagú gáz. Vízben jól oldódik, a vízzel kénessavat ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ), illetve kénsavat képez ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), s ezzel savas kémhatást eredményez. A természetes források közül a legjelentősebb a bioszféra által kibocsátott különböző redukált kénvegyületek (pl.: dimetil-szulfid,  $\text{CH}_3\text{SCH}_3$ ; kén-hidrogén,  $\text{H}_2\text{S}$ ; szén-diszulfid,  $\text{CS}_2$ ; karbonil-szulfid, COS) oxidációja, illetve a vulkáni tevékenység. A természetes forrásokhoz viszonyítva az emberi tevékenység hatására jóval több kén-dioxid kerül a légkörbe, az antropogén forrásokból származik a légköri kén-dioxid mintegy 80%-a. A legtöbb kén-dioxid a fosszilis tüzelőanyagok égetéséből ered, azok kéntartalma miatt. Főként a széntüzelés tehető felelőssé a legnagyobb részben, de a kőolaj-feldolgozás, a dízelmotorok, az acélgyártás, az alumíniumipar és a műtrágyagyártás is hozzájárul a légkörbe kerülő kén-dioxid mennyiségéhez. A globális antropogén kibocsátás tendenciáit az 7.2.1. ábrán követhetjük nyomon 1850 és 2000 között. Jól látható, hogy a II. világháború után egészen az 1970-es évek második feléig jelentős növekedés történt, melynek során az emberiség kén-dioxid-emissziója mintegy két és félszeresére nőtt, ezt követően kb. két évtized alatt mintegy 17%-kal csökkent a nemzetközi egyezményeknek (1985 Helsinki, 1994 Oslo, 1999 Göteborg) köszönhetően. Az európai országok 1990 és 2006 közt összességében 70%-kal csökkentették kénkibocsátásukat. Napjainkban a kén-dioxid-források közül a szén égetése 52%-ban, a kőolajé 23%-ban járul hozzá a teljes antropogén kibocsátáshoz.



7.2.1. ábra: A globális kén-dioxid-kibocsátás alakulása, 1850–2000  
(Forrás: Smith et al., 2004)

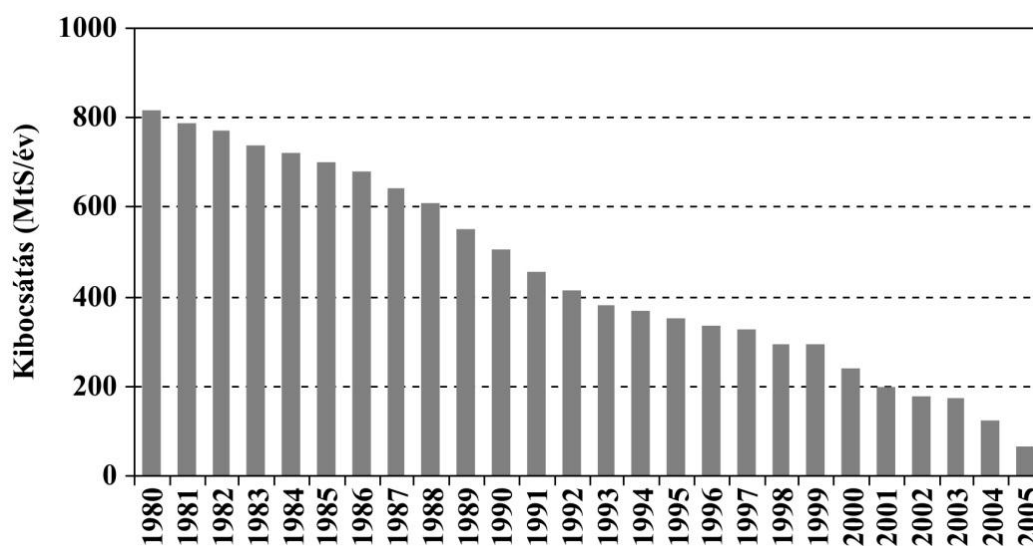
A 2008-as adatok szerint az európai országok kén-dioxid emissziójából átlagosan 70%-os arányban az energiatermelés részesül, 13%-os arányban az ipari energiafelhasználás, 8%-os arányban a lakossági és kereskedelmi szektor, 5%-os arányban az ipari folyamatok, valamint 4%-os arányban a szállítás (7.2.2. ábra).





7.2.2. ábra: Az európai kén-dioxid kibocsátás megoszlása, 2008  
(Forrás: EEA)

A hazai kén-dioxid évi kibocsátási trendje 1980 és 2005 között a 7.2.3. ábrán látható. A jelentős csökkenés egyértelműen leolvasható, a bemutatott két és fél évtized végére az 1980-as emisszióknak csupán a 8%-ára csökkent az ország kibocsátása. Ennek fő oka az ipari tevékenységből származó kibocsátás csökkenése volt. Napjainkban a hőerőművek járulnak hozzá legnagyobb mértékben (több mint 80%-ban) a kén-dioxid-emisszióhoz.



7.2.3. ábra: Magyarország kén-dioxid-kibocsátásának alakulása, 1980–2005  
(Forrás: EMEP)

A légkörből való kikerülés főként száraz és nedves ülepedéssel történik. Ezek aránya a kén-dioxid koncentrációjától függ. A szennyező források közelében a környezet (a felszíni és felszín alatti vizek, valamint a talaj) savasodását inkább a száraz ülepedés okozza, a forrásoktól távolabbi térségekben viszont a nedves ülepedés a domináns.

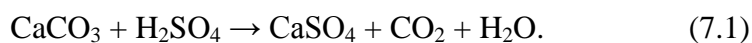
Az ülepedési folyamatok hatására a kén-dioxid légköri tartózkodási ideje a felszín közelében 2-3 nap, a troposzférában felfelé haladva növekszik, s a nagyobb magasságokban 4-6 nap is lehet. A kén-dioxid a sztratoszférába felkerülve akár több hónapon keresztül is a légkörben maradhat.

A kén-dioxid belélegezve az emberi szervezetre ártalmas anyag, mivel a nedves légúti nyálkahártyán történő [adszorpció](#) révén kialakuló savas kémhatás izgató hatású. A véráramba bekerülve gátolja az oxigénfelvételt. Heveny hatása során 6–12 ppm koncentrációban már irritálja az orr- és a torok nyálkahártyáját, valamint a tüdőt is. Ezáltal köhögést, váladékképződést és asztmás rohamokat válthat ki. 20 ppm koncentráció a szem irritációját okozhatja, 10000 ppm felett pedig a verejtékben feloldódva már percek alatt bőrirritációt eredményez. Krónikus esetben légzőszervi betegségeket, például hörghurutot (bronchitist) okozhat.



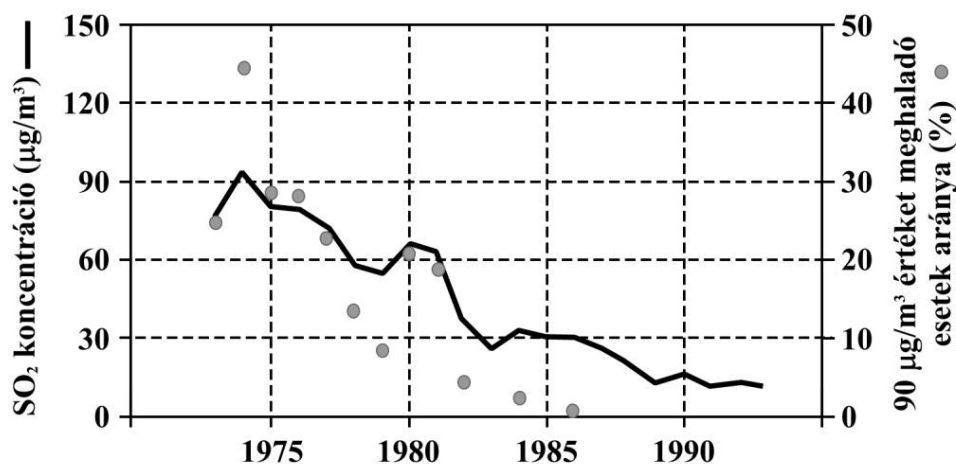
7.2.4. ábra: A savas erő hatására károsodott erdő a cseh–német határnál, Oberwiesenthal, 1991 (bal oldalon), valamint erdőpusztulás a cseh iparvidéken, Most-tól Északra, 1987 (jobb oldalon)

A környezet savasodásának előidézése miatt az állat- és növényvilágra szintén káros hatású. Az akár 4-nél is kisebb pH-értékű savas esők akár teljes erdőket is elpusztíthatnak. Az európai térségben például a cseh–német határnál található iparvidéken súlyos erdőkárokat figyeltek meg (7.2.4. ábra). A kén-dioxid okozta savas eső a mesterséges környezetet is károsítja, a fémek nagy részét korrodálja. A mészkőből és homokkőből készült épületek és szobrokat (7.2.5 ábra) jelentősen rongálja, mivel a kénsav reakcióba lép a kalcium-karbonáttal, s gipszet alkot:



7.2.5. ábra: Kőszobor egy 1702-ben épült Ruhr-vidéki kastély bejáratánál: 1908-ban és 1968-ban

A légköri kén-dioxid-koncentráció alakulását Oslo példáján mutatja be a 7.2.6. ábra. Jól látható, hogy a vizsgált, 1973–1996. közötti időszakban jelentős javulás következett be Oslo levegőminőségében. Az 1970-es években az évi átlagkoncentráció még meghaladta a  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -t, s az 1990-es évek első felében már nem érte el a  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -t. A  $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -t meghaladó napi koncentrációértékek évi száma szintén csökkent: 20-30 esetről nullára.



7.2.6. ábra: Oslo levegőminőségi tendenciája 1973–1996 között (átlagos évi SO<sub>2</sub>-koncentráció)

### 7.2.2. Nitrogén-oxidok, NO<sub>x</sub>

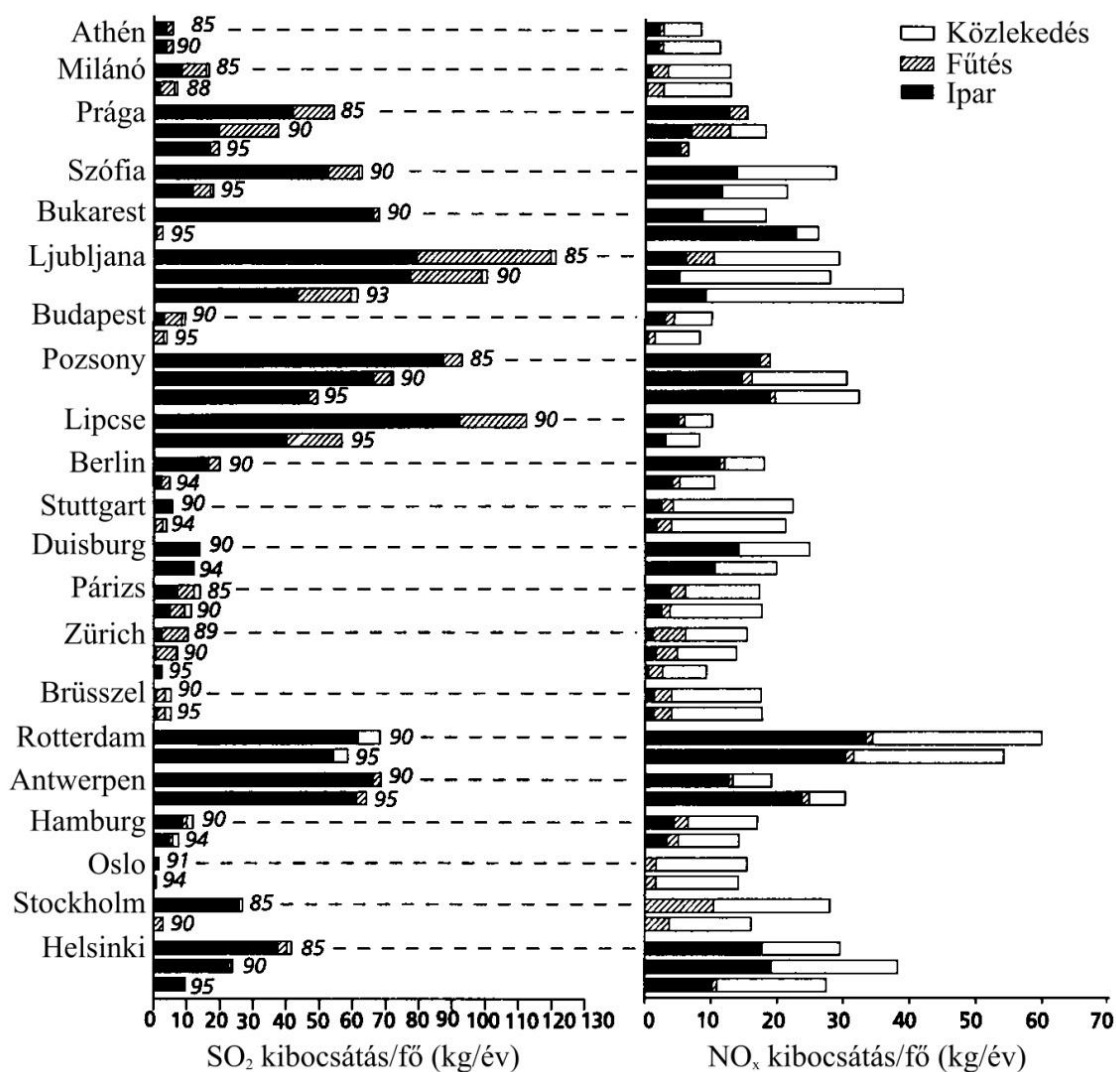
A nitrogén-oxidok közé soroljuk a nitrogén-monoxidot (NO) és a nitrogén-dioxidot (NO<sub>2</sub>). Az előbbi színtelen, az utóbbi vörösesbarna, szúrós szagú gáz. A légkörben megjelenő nitrogén-monoxid viszonylag gyorsan nitrogén-dioxiddá oxidálódik. Erősen reaktív anyagok, légköri tartózkodási idejük csupán 1–2 nap.

A NO vízben rosszul oldódik, a NO<sub>2</sub> viszont víz hatására salétromossavvá (HNO<sub>2</sub>) és salétromsavvá (HNO<sub>3</sub>) alakul:

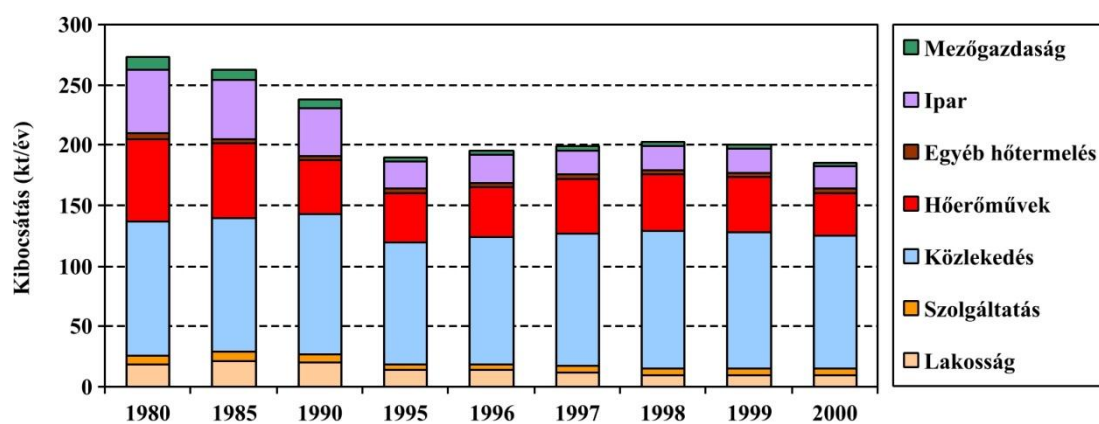


Ezáltal a kén-dioxid mellett a nitrogén-oxidok szintén a környezet savasodásához vezetnek. A természetben a nitrogén-oxidok a vulkáni tevékenység, a villámlások, valamint a talajbaktériumok denitrifikációs folyamatai révén kerülnek a légkörbe. A nitrogén-dioxid általában nem közvetlenül jut a levegőbe, hanem a nitrogén-monoxid légköri reakciói során alakul ki.

Az antropogén emisszió nagyrészt a fosszilis tüzelőanyagok elégetéséből származik, különösen a járművekben használt üzemanyagból. A városokban kibocsátott NO<sub>x</sub> átlagosan mintegy 80%-át a közlekedés okozza. A földgáz tüzeléséből (a téli időszakban) ugyancsak kerülnek a légkörbe nitrogén-oxidok. További ipari források a salétromsav-gyártás, a hegesztés, a kőolaj-finomítás, a fémek gyártási folyamatai, a robbanóanyagok használata és az élelmiszeripar. Összességében az antropogén források a légkörbe kerülő nitrogén-oxidok kb. 70%-át adják. Néhány európai város esetén a 7.2.7. ábrán hasonlíthatjuk össze az egy főre jutó SO<sub>2</sub>- és NO<sub>x</sub>-kibocsátást 1985-ben, 1990-ben és 1995-ben. A kén-dioxid esetén egyértelmű az ipari források dominanciája, és a csökkenő kibocsátási trend. A nitrogén-oxidok forrásai között a közlekedés már jóval nagyobb szerepet kap, és sok helyen növekvő kibocsátási tendenciát mutatnak az egyes városok.

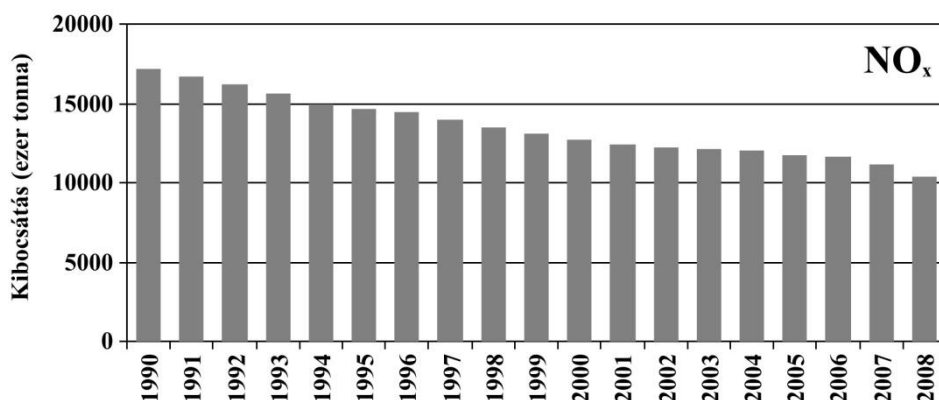


7.2.7. ábra: Egy főre jutó SO<sub>2</sub>- és NO<sub>x</sub>-kibocsátások néhány európai városban, 1985-ben, 1990-ben és 1995-ben (Forrás: EEA, 1998)



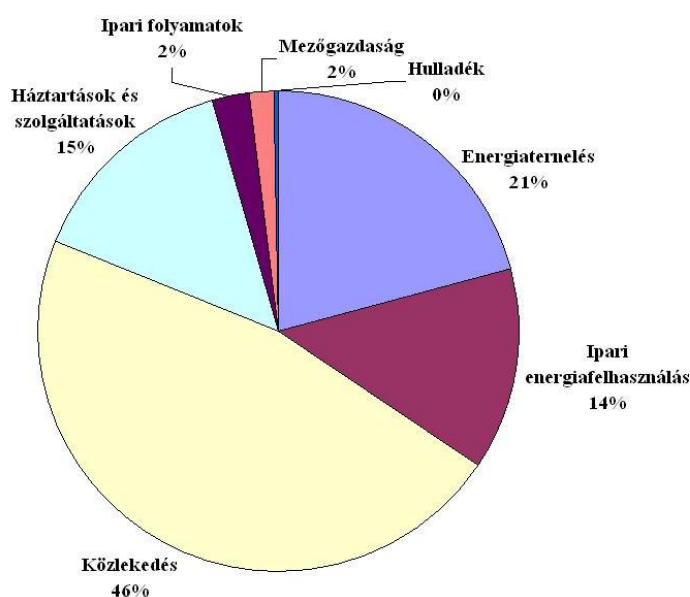
7.2.8. ábra: Magyarországi NO<sub>x</sub>-kibocsátási trend, 1980–2000 (Forrás: KVM, 2002)

A hazai kibocsátás alakulását a 7.2.8. ábrán követhetjük nyomon. A rendszerváltáshoz kapcsolódóan történt emissziócsökkenés Magyarországon, de sokkal kisebb mértékű, mint a kén-dioxid esetén. A hazai járműpark minőségi változásának köszönhetően csökkent a  $\text{NO}_x$ -kibocsátás, de az utóbbi két évtizedben a növekvő járműszám miatt a kibocsátás is kissé megnövekedett. A 2000-es adatok alapján a közlekedés felelős az antropogén kibocsátás 60%-áért, a hőerőművek és az ipari tevékenység pedig rendre 19%-ért, illetve 10%-ért. A többi szektor (lakosság, szolgáltatás, mezőgazdaság) hozzájárulása egyenként 5% alatt maradt. A teljes antropogén emisszió Magyarországon a 2000 utáni időszakban is évi 180–210 ezer tonna között mozgott.



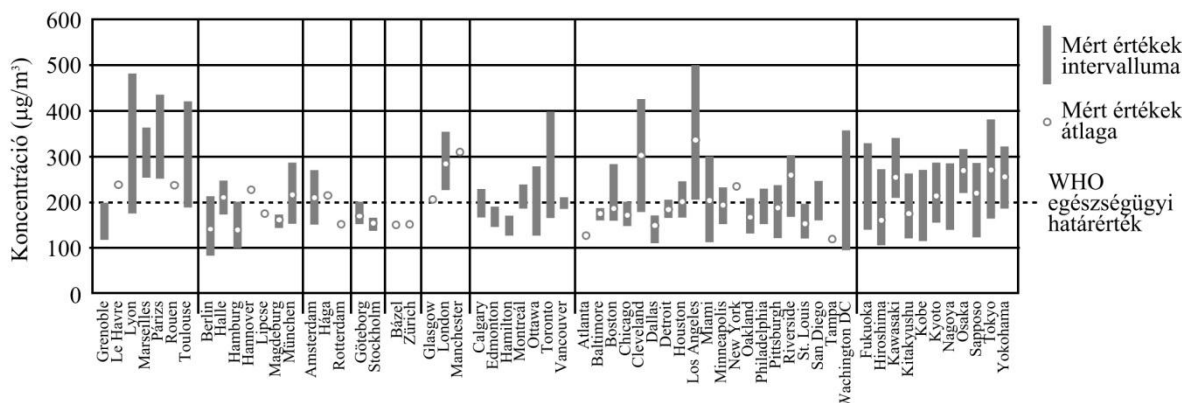
7.2.9. ábra: Az antropogén eredetű  $\text{NO}_x$  európai kibocsátási trendje, 1990–2008 (Forrás: EEA)

Az európai országokra vonatkozóan az antropogén eredetű kibocsátások tendenciáját a 7.2.9. ábra illusztrálja. Az utóbbi közel két évtized alatt a teljes emisszió mintegy 39%-kal csökkent, a csökkentés üteme a 2000 utáni időszakban valamelyest lelassult. Napjainkban a teljes kibocsátásból 46%-ért felelős a közlekedés és szállítás, 21%-ért az energiatermelés, 14%-ért az ipari energiafelhasználás, 15%-ért a lakosság és a szolgáltató ágazatok, valamint 2–2%-ért az ipari folyamatok és a mezőgazdaság (7.2.10. ábra).



7.2.10. ábra: Az európai nitrogén-oxid-kibocsátás megoszlása, 2008 (Forrás: EEA)

Számos nagyváros csúcsgorgalmi időszakában az 1990-es években jellemző nitrogén-dioxid-koncentrációt foglalja össze a 7.2.11. ábra. A WHO<sup>1</sup> ajánlásában szereplő óras egészségügyi határértéket ( $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -t) a legtöbb országban sajnos meghaladták a mért koncentrációk. Különösen nagymértékű eltérést regisztráltak Los Angelesben ( $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -t) és Lyonban ( $480 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -t). Az egészségügyi határérték kétszeresét meghaladó maximális óras koncentrációk fordultak elő Párizsban, Clevelandben és Toulouse-ban is.



7.2.11. ábra: A városi csúcsgorgalom idején mért óras NO<sub>2</sub>-szint (Forrás: OECD/ENV, 1998)

Káros élettani hatását egyrészt az okozza, hogy a nedves légúti nyálkahártyán adszorbeálódik, s ezzel salétromossavvá, illetve salétromsavvá alakul, a savas kémhatás pedig helyileg károsítja a szöveteket. Másrészt a véráramba kerülve a hemoglobinmolekulát oxidálja, így az nem képes oxigént szállítani a szervekhez. A heveny mérgezés tünetei: kötő- és nyálkahártya-irritáció, köhögési, hányási inger, fejfájás, szédülés. A tünetek egy-két órán belül lezajlanak, majd többórás tünetmentes időszak után kifejlődik a tüdővizenyő és a tüdőgyulladás. Szabad légköri körülmények között ilyen heveny mérgezés nem fordul elő. A huzamosabb hatás tünetei már  $40\text{--}100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  koncentráció felett jelentkeznek: a NO<sub>2</sub> csökkenti a tüdő ellenálló képességét a fertőzésekkel szemben, súlyosbítja az asztmás betegségeket, gyakori légúti megbetegedéshez, hosszabb távon pedig a tüdőfunkció gyengüléséhez, vércépváltozásokhoz vezethet.

A nitrogén-dioxid a növényekre toxikus hatású,  $120 \text{mg}/\text{m}^3$  koncentráció felett már rövid idő alatt is csökkenti fejlődésüket. Amennyiben a NO<sub>2</sub> és az O<sub>3</sub> egyszerre van jelen, a károsító hatás fokozottabban jelentkezik.

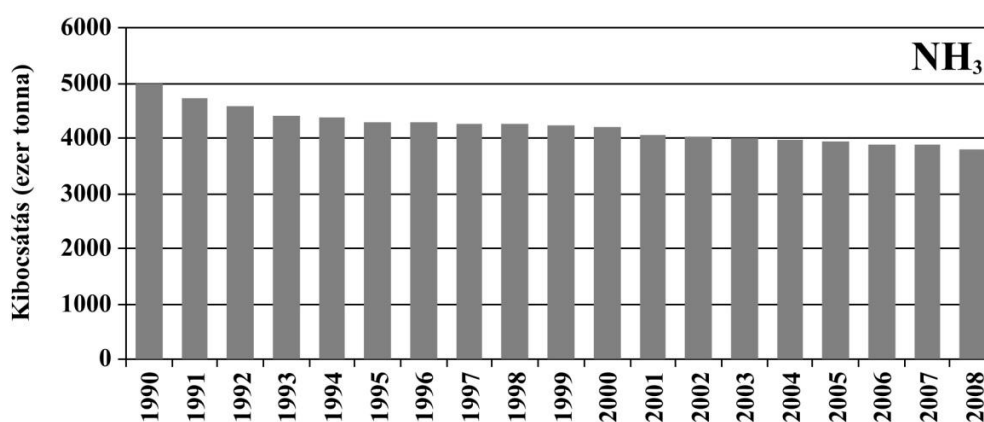
A kén-dioxidhoz hasonlóan a vízben oldott nitrogén-dioxid a savas kémhatás miatt a mesterséges környezetre is káros hatással van. A fémeket erősen korrodálja és a mészkőből készült épületek, szobrok felületi kimaródását okozza.

A NO<sub>x</sub> jellemző koncentrációja városokban  $10\text{--}200 \text{ppb}$ , vidéken  $0,1\text{--}10 \text{ppb}$ , az óceánok felett pedig csupán  $0,02\text{--}0,04 \text{ppb}$ .

<sup>1</sup> WHO: World Health Organization, Egészségügyi Világszervezet

### 7.2.3. Ammónia ( $\text{NH}_3$ )

Az ammónia az egyetlen számottevő mennyiségű redukált nitrogén-vegyület a légkörben. Normál légköri körülmények között szintelen, jellegzetes szúrós szagú gáz, mely maró hatása miatt könnyezésre ingerel. Vízben jól oldódik, így nedves ülepedése gyors lefolyású. A talajban található mikroorganizmusok közvetlenül is felveszik az ammóniát, mely a száraz ülepedéssel kerül a légkörből a felszínre. Az ammónia salétromsavval és kénsavval reagálva ammónium-nitrátot ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), illetve ammónium-szulfátot ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ) hoz létre, melyek légkörből való kikerülése száraz és nedves ülepedés során egyaránt megtörténhet. Mivel az ammónia erősen reaktív gáz, ezért légköri tartózkodási ideje az 1-2 napot nem haladja meg. Eloszlására nagy tér- és időbeli változékonyság jellemző, a kontinentális háttérkoncentráció értéke 0,1–10 ppb között mozog. Magyarországon az éves átlagkoncentráció értéke 2 ppb.



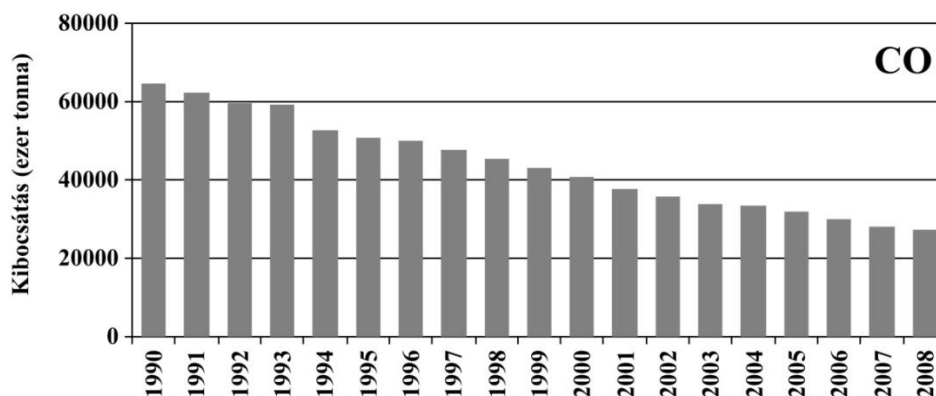
7.2.12. ábra: Az antropogén eredetű ammóniaemisszió európai tendenciája, 1990–2008  
(Forrás: EEA)

Az ammónia természetes forrása a nitrogéntartalmú szerves anyagok [anaerob](#) bomlása, az ammonifikáció. Az antropogén források elsősorban a mezőgazdasági tevékenységhez (műtrágya-felhasználáshoz, állattenyésztéshez) kapcsolódnak. Európában például a teljes antropogén eredetű ammóniaemisszióinak átlagosan mintegy 95%-a a mezőgazdasági kibocsátásból származik. A teljes Földet tekintve a természetes forrásokból (a humusz ammonifikációjából, az óceánok nitrogéntartalmú szerves anyagainak anaerob bomlásából, valamint a vadállatok vizeletének bomlásából) kb. évente 10–15 MtN kerül a légkörbe, az antropogén forrásokból ennek mintegy háromszorosa, 45 MtN. A globális évi antropogén eredetű ammóniakibocsátásból 35 MtN köthető a mezőgazdasági tevékenységhez. Az európai országok 1990 és 2008 közötti együttes évi antropogén kibocsátásának trendje a 7.2.12. ábrán látható. Az elmúlt két évtized során regisztrált csökkenés átlagosan mintegy 24%-os volt Európában. Ugyanezen időszak alatt hazánk emissziója 45%-kal csökkent.

Káros hatása egyrészt a maró hatása miatt, másrészt a túlzott mértékű felhalmozódás révén jelentkezik. Mivel az ammónia a szervesanyag-termeléshez fontos tápanyagforrásként szolgál, ezért a feldúsulása az állóvizek és környezetének [eutrofizáció](#)jához vezethet.

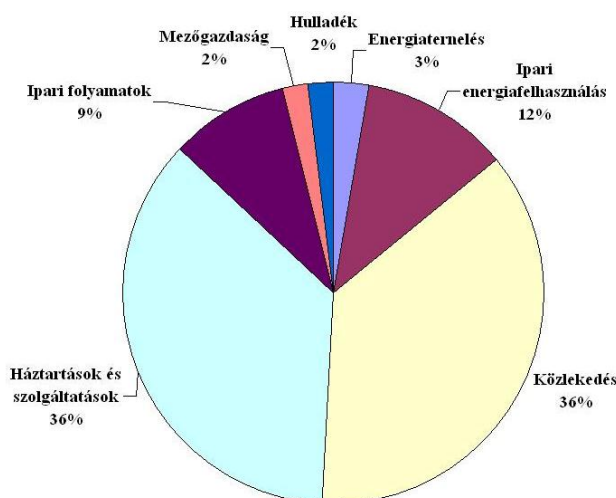
## 7.2.4. Szén-monoxid, CO

A szén-monoxid színtelen, szagtalan, redukáló hatású, vízben kevésbé oldódó gáz. Szobahőmérsékleten nehezen oxidálódik. A szénvegyületek tökéletlen égése során képződik. Természetes forrásai a vulkáni tevékenység, az erdő- és bozóttüzek, valamint az élőlények anyagcsereje. Az antropogén forrásai a fosszilis tüzelőanyagok, az üzemanyagok és a biomassza tökéletlen égése. A kohászatból, a kőolajiparból, a vegyipari és szilikátipari technológiákból szintén jelentős mennyiség származik. A dohányfüst és a beltéri gáztüzelés ugyancsak jelentős szén-monoxid-forrás.



7.2.13. ábra: Az antropogén eredetű szén-monoxid európai kibocsátási trendje, 1990–2008 (Forrás: EEA)

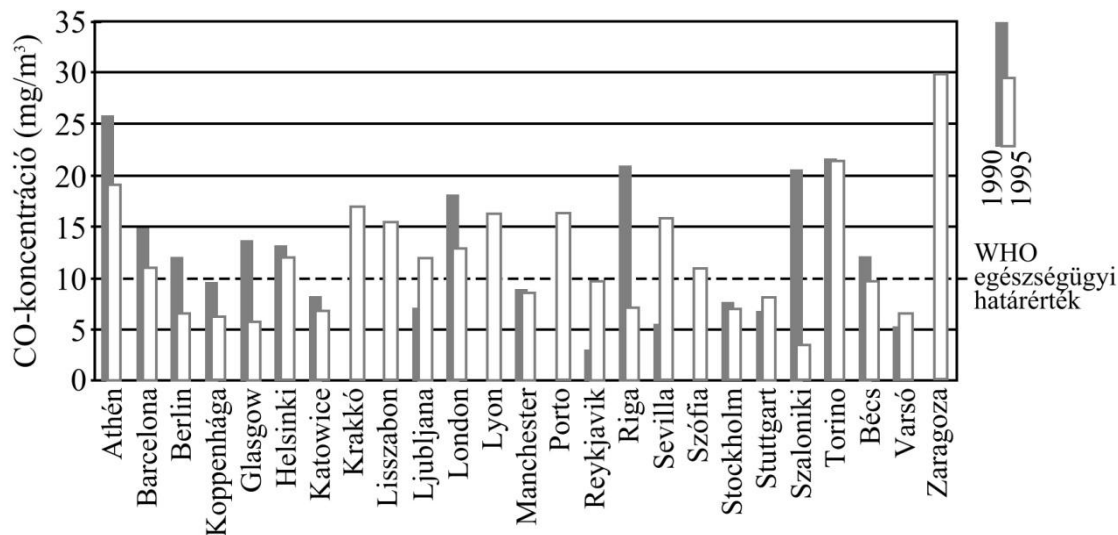
Az utóbbi két évtized európai kibocsátási trendjét a 7.2.13. ábra mutatja be, a teljes időszak alatt mintegy 58%-os csökkenés következett be az emberi tevékenység hatására a légkörbe kerülő mennyiségben. Hazánkban is csaknem a felére csökkent az antropogén eredetű szén-monoxid-emisszió. Napjainkban az európai teljes antropogén emisszió 36–36%-áért a lakosság és a szolgáltatási szektor, illetve a közlekedés és a szállítás a felelős (7.2.14. ábra), jelentős mennyiség származik még az ipari energiafelhasználásból (12%) és az egyéb ipari folyamatokból (9%). Magyarország esetén a közlekedésből ered a kibocsátás csaknem 70%-a, s az ipari ágazatokból a 25%-a.



7.2.14. ábra: Az európai szén-monoxid-kibocsátás megoszlása, 2008 (Forrás: EEA)

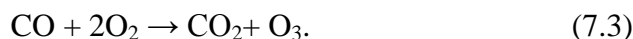


A 7.2.15. ábra számos európai város szén-monoxid-koncentrációjának változását öszszegzi 1990-ben és 1995-ben. Jól látható, hogy a legtöbb város esetében javult a levegőminőség, ám a WHO által javasolt egészségügyi határértéket még így is sok helyen meghaladja a 8 órás maximumkoncentráció.



7.2.15. ábra: A szén-monoxid-koncentráció (8 órás maximumok) változása európai városokban (Forrás: EEA)

A szén-monoxid fő légköri nyelője az OH-gyökkel való katalitikus oxidáció, melyet összegezve az alábbiak szerint írhatunk fel:

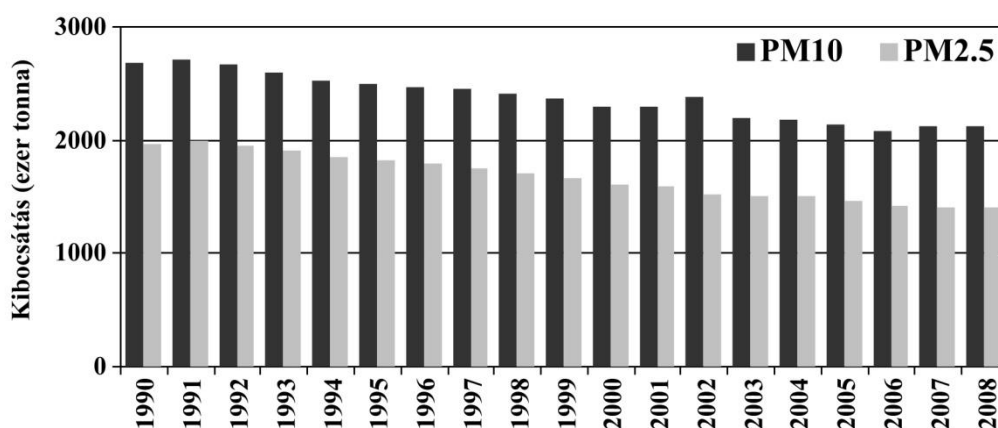


A szén-monoxid rendkívül mérgező gáz, melynek két fő támadáspontja van. Az egyik a véráramban lévő hemoglobinmolekula, az ebben található vasatomokkal stabil komplexet, ún. szén-monoxid-hemoglobint képez, s így kiszorítja az oxigént. Ezzel a szerkezet oxigénfelvételét és oxigénellátását akadályozza, s végső soron az idegrendszer és a szívizom oxigénhiányát okozza. A hemoglobin akkor is megköti a szén-monoxidot, ha a levegő szén-monoxid-tartalma csekély, mivel 250-szer nagyobb affinitással kötődik a vér hemoglobinjához, mint az oxigén. A másik támadáspont az agy kéreg alatti központjai. A szén-monoxid már kis koncentrációnál is csökkenti a szem fényérzékenységét és az idegrendszer működését. Zárt térben könnyen feldúsulhat, ezért rendkívül veszélyes. A heveny mérgezés tünetei: fejfájás, szédülés, émelygés, a látás- és hallásképesség csökkenése, szív működési zavarok, súlyosabb esetekben eszméletvesztés, légzésbénulás. A túlélő betegeknél gyakori a lassan gyógyuló idegi károsodás. Heveny mérgezés szabad légköri körülmények mellett nem fordul elő. Tartós hatásával csökkenti a szívizmot ellátó koszorúerek keringését, ezzel hozzájárul a koszorúér-elmeszesedéshez, s szűkíti a koszorúereket, így növeli a szívinfarktus kockázatát. Az idült hatások tünetei: fejfájás, szédülés, álmatlanság, szív táji fájdalmak, idegrendszeri tünetek. Rendszeresen dohányzó emberek vérében a szén-monoxid-hemoglobin tartalom tartósan nagyobb, mint a nemdohányzókéban. Tiszta levegőben a szén-monoxid kiürül a szervezetből.

## 7.2.5. Szálló por

A levegőben a szálló por részecskéinek mérete igen széles tartományban mozog (2 nm-től 100  $\mu\text{m}$ -ig). A mérések során rendszerint az ún. TSPM<sup>2</sup>-et, a PM10<sup>3</sup>-et és a PM2.5<sup>4</sup>-öt határozzák meg. A TSPM részben természetes forrásokból származik, például a talajeróziós folyamatok, a vulkáni tevékenység, valamint az erdőtüzek is elősegítik a légkörbe kerülésüket. Az emberi tevékenység során főbb forrásai a szén, az olaj, a fa és a hulladék égetése, a közúti közlekedés, a poros utak, továbbá a különféle ipari technológiák (melyek például a bányászathoz, a cementgyártáshoz vagy a kohászathoz kapcsolódnak). A kisebb szemcsék természetes forrásai a tengeri eredetű sórészecskék, a növényi pollenek és a baktériumok. A 2,5  $\mu\text{m}$ -nél kisebb részecskék a légkörben lezajló kémiai reakciókból is származhatnak.

A kétféle mérettartományba eső részecskék (PM10 és PM2.5) antropogén emissziójának európai tendenciáit a 7.2.16. ábra hasonlítja össze 1990 és 2008 között. Az utóbbi két évtizedben a PM10 kibocsátása 21%-kal, a PM2.5-é 28%-kal csökkent. Hazánkban ugyanezen időszak alatt még jelentősebb csökkenés történt: mintegy 51%-os, illetve 37%-os.



7.2.16. ábra: Az antropogén eredetű PM10 és PM2.5 európai kibocsátási trendje, 1990–2008 (Forrás: EEA)

A porrészecskék ingerlik vagy akár sérthetik is a szem kötőhártyáját, valamint a felső légutak nyálkahártyáját. A 10  $\mu\text{m}$ -nél kisebb porrészecskék lejuthatnak mélyebb légutakba, akár egészen a tüdőhólyagokig, így ezek különösen ártalmasak lehetnek. A por belégzése a légzőszervi betegek (asztma, bronchitis) állapotát súlyosbítja, csökkenti a tüdő ellenálló képességét a fertőzésekkel, illetve a toxikus anyagokkal szemben. A kialakuló tüdőelváltozást befolyásolja a belélegzett por mennyisége, fizikai tulajdonságai és kémiai összetétele. A porrészecskék gyakran toxikus anyagokat (például nehézfémeket, különféle rákkeltő anyagokat), továbbá korokozókat (baktériumokat, vírusokat, gombákat) adszorbeálnak, így elősegítik bejutásukat a szervezetbe. Az egyik legkárosabb porforrás az aktív és passzív dohányzás. A porrészecskék a növények leveleire lerakódva gátolják a fotoszintézist, elzárják a gázcsere nyílásokat, így a növények fejlődésükben visszamaradnak.

<sup>2</sup> TSPM: Total Suspended Particulate Matter, teljes szálló por

<sup>3</sup> PM10: Particulate Matter less than 10 micron, a 10  $\mu\text{m}$ -nél kisebb porrészecskék (durva részecskék)

<sup>4</sup> PM2.5: Particulate Matter less than 2.5 micron, a 2.5  $\mu\text{m}$ -nél kisebb porrészecskék (finom részecskék)

### 7.2.6. Illékony szerves szénhidrogének (VOC<sup>5</sup>)

A WHO definíciója szerint az illékony szerves vegyületek olyan szerves anyagok, melyek forráspontja 50–100 °C és 240–260 °C között van, s így telítési gőznyomásuk 25 °C hőmérsékleten legalább 1020 hPa. Ilyen légköri vegyület például a benzol (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), a xilol (C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>), a propán (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), a bután (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) stb. A legegyszerűbb szénhidrogén a metán (CH<sub>4</sub>), melynek antropogén forrása főként a mezőgazdasági tevékenység, míg a többi VOC-k antropogén emissziója a közlekedéshez, a különféle ipari folyamatokhoz (például a kőolajfinomításhoz), valamint a szerves oldószerek alkalmazásához köthetők. Ezért a metántól való elkülönítés érdekében a VOC-eket NMVOC<sup>6</sup>-knek is szoktuk nevezni.

A VOC-k természetes forrásai legnagyobb hányadban a növények, melyek főleg izoprén (C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>) emittálnak a levelek gázcserenyílásain keresztül (évente mintegy 1150 TgC mennyiségben), s ezek adják a lombos erdőkben észlelhető jellegzetes illatokat. A tűlevelű erdőkben terpének ([C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>]<sub>n</sub>) szabadulnak fel. A fűfélék etánt (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>), propánt (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) és kisebb mennyiségben számos alként (C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>) bocsátanak ki. Az óceánokban élő szervezetek révén etán (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>), propán (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), etén (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>), propén (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>), valamint hosszabb szénláncú alkánok (C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>) kerülnek a légkörbe.

A bioszférához képest csupán egytizednyi a globális antropogén VOC-kibocsátás. A legfontosabb antropogén források közé tartoznak a fosszilis tüzelőanyagok és a biomassza égetése. A földgáz és a kőolaj kitermelése, szállítása, feldolgozása során is jelentős mennyiségű szerves anyag, főként etán (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) és propán (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) kerül a levegőbe. A gyógyszergyártásban, a festék- és vegyiparban széles körben alkalmaznak szerves oldószereket, melyekből például toluol (C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>), etil-benzol (C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>), diklór-etán (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>Cl<sub>2</sub>) párolog el.

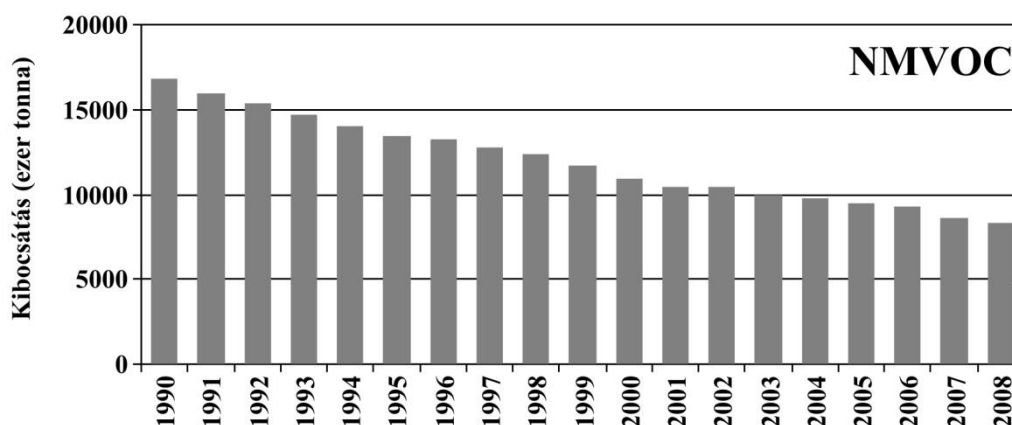
A VOC-k közé tartozik például a benzol (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), mely színtelen, normál környezeti hőmérsékleten folyékony halmazállapotú aromás szénhidrogén. Könnyen párolog, szaga jellegzetes, kellemetlen. Vízen alig oldódik, de korlátlanul elegyedik a legtöbb szerves oldószerral. A természetben megtalálható a kőszénkátrányban. Legnagyobb antropogén eredetű forrását a benzinüzemű járművek belső égésű motorjai jelentik. A motorbenzin benzoltartalma jelenleg mintegy 2%. Forgalmas utak, üzemanyag-töltő állomások, olajfinomítók, vegyi üzemek környezetében nagyobb koncentrációk is mérhetők.

A VOC-k antropogén emissziójának 1990 és 2008 közötti európai csökkenő trendjét a 7.2.17. ábra mutatja be. Jól látható, hogy az európai országok összkibocsátása, egyenletes ütemben, mintegy a felére mérséklődött az utóbbi két évtized során. Hazánkban ugyanezen időszak alatt csak kisebb mértékű és kevésbé egyenletes csökkenés történt: az elmúlt húsz év során összességében mintegy 31%-kal csökkent a VOC-kibocsátásunk.

A VOC-k közé nagyon sokféle szerves vegyület tartozik, ezért nehéz pontosan megadni az egészségügyi hatásokat. Sok vegyület káros hatással van a légzőszervekre az orr és a torok nyálkahártyájának irritációja miatt, más elemek fejfájást, émelygést s bizonyos vegyületek akár máj- és vesekárosodást is okozhatnak. Néhány szerves vegyület rákkeltő hatású.

<sup>5</sup> VOC: Volatile Organic Compound, illékony szerves szénhidrogén

<sup>6</sup> NMVOC: Non-Methane Volatile Organic Compound, nem-metán illékony szerves szénhidrogén



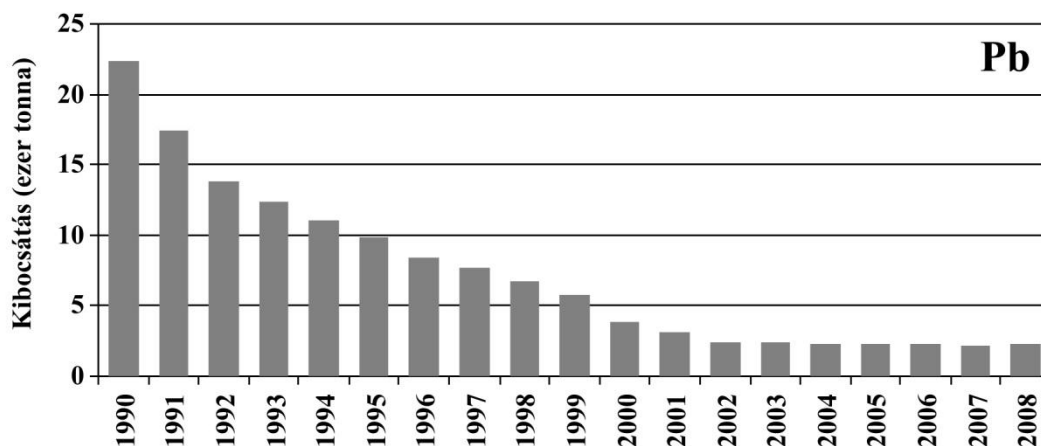
7.2.17. ábra: Az antropogén eredetű VOC európai kibocsátási trendje, 1990–2008  
(Forrás: EEA)

A benzol ( $C_6H_6$ ) például erősen mérgező, belélegzése eszméletvesztést, nagyobb mennyisége halált okoz, ám ilyen heveny hatás a légköri levegőben normál körülmények között nem fordul elő. Hosszú távon az emberi szervezet lipidekben gazdag szöveteiben (például az idegrendszerben, a csontvelőben, a mellékvesében, a zsírszövetben) halmozódik fel. Krónikus mérgezésben vérképzőszervi elváltozások, fehérvérűség, nyirokszervi daganatok fejlődhetnek ki, mivel rákkeltő hatású.

A VOC-k nagy része elősegíti a felszín közeli ózon képződését.

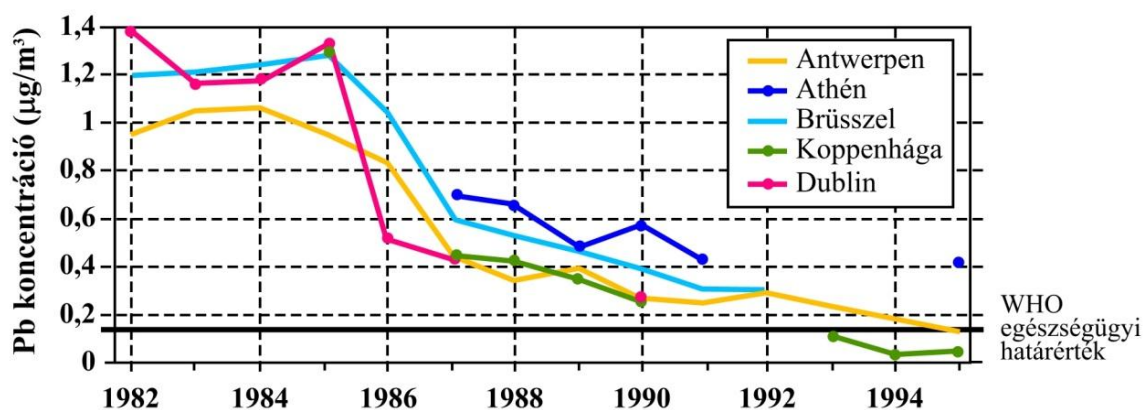
#### 7.2.7. Ólom, Pb

Az ólom súlyosan mérgező nehézfém, mivel különféle biokémiai hatásokat okoz az emberi szervezetben. A légkörbe jutó ólom kibocsátásáért elsősorban a benzinüzemű gépkocsik voltak a felelősek, mivel a benzin oktánszámának növelésére az 1930-as évektől kezdve ólom-tetraetil adalékot használtak. Az 1970-es években az ólmozott benzin használatából eredő ólomemisszió már a légkörbe kibocsátott teljes ólommennyiség több mint 60%-át adta. Az ólmozatlan benzin bevezetése és az ólmozott benzin forgalomból való fokozatos kivonása az 1980-as években indult. A fejlett országokban jelenleg használt üzemanyagok már nem tartalmazzak ólomadalékot, így ez a forrás jelentősen lecsökkent. Hazánkban például 1989-ben jelent meg az ólmozatlan benzin. Eleinte csupán néhány százalékot tett ki a gépjárművekben használt üzemanyagok között, de 1997-re már 71%-os lett a piaci részesedése. Magyarországon az ólmozott benzin kereskedelmi forgalmazása 1999. április 1-jén teljesen megszűnt. Az iparban az ólmot széles körben alkalmazzák. Felhasználása leginkább az akkumulátorok gyártásához és hulladékként történő feldolgozásához köthető, de előfordul festékanyagként, tartályok borításaként, valamint a sugárvédelmi célokra való alkalmazása is. Az európai országok esetén a teljes antropogén emisszió 1990 és 2008 között a tizedére csökkent (7.2.18. ábra). Hazánkban relatíve még nagyobb mértékben, 95%-kal csökkent az ólom antropogén eredetű kibocsátása az utóbbi két évtized során.



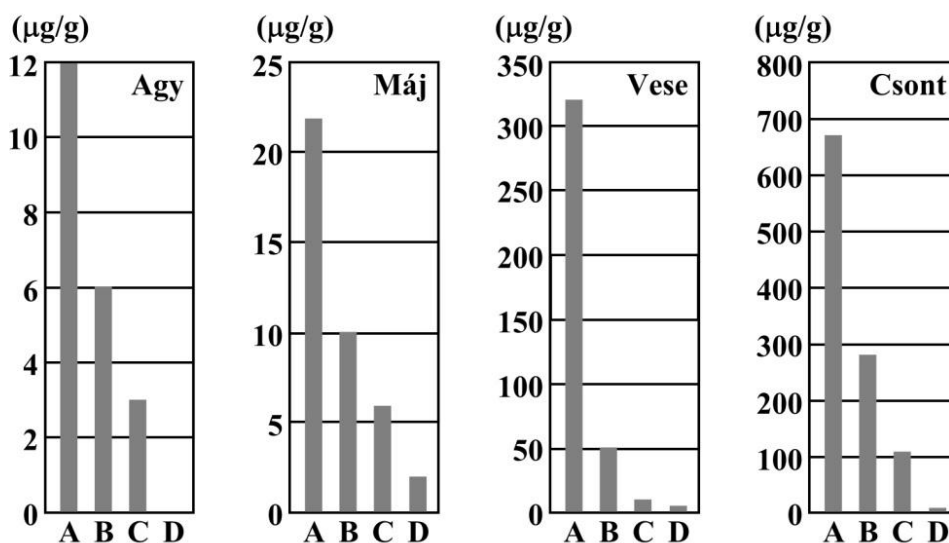
7.2.18. ábra: Az antropogén eredetű ólomkibocsátás trendje Európában, 1990–2008  
(Forrás: EEA)

Európai városok esetén az évi átlagos ólomkoncentrációban detektált csökkenő tendenciát a 7.2.19. ábra illusztrálja. A mért koncentrációértékek napjainkra már egyik helyszínen sem érik el a WHO egészségügyi határértékre vonatkozó ajánlásait.



7.2.19. ábra: Évi átlagos ólomkoncentráció alakulása néhány európai városban, 1982–1995  
(Forrás: EEA)

Az ólom elsősorban a légzőrendszeren keresztül jut be a szervezetbe és számos negatív hatással rendelkezik: gátolja a hemoglobinképződést, erősen károsítja az idegrendszert, a vese- és bélműködést, az ízületeket és a szaporodási szervrendszert. Tartós hatás esetén különösen a gyermekek idegrendszerét károsítja, mivel általában a központi idegrendszerben halmozódik fel. Az ólommérgezés tünetei: a fognyak elszíneződése, hasi fájdalmak, vörösvérsejtek számának csökkenése, vesekárosodás, koncentrációs zavarok. Sejtméregként ér- és idegrendszeri megbetegedéseket okozhat. Nagy-Britanniában galambok esetén vizsgálták az ólom szervezetben belüli lerakódását, melynek eredményét a 7.2.20. ábra öszszegzi.



7.2.20. ábra: Városi galambok szerveiben található ólomkoncentráció-vizsgálat eredménye  
 A: London, belváros, B: London, külváros, C: Londonon kívüli kisváros, D: kontroll  
 (Forrás: Hutton és Goodman, 1980)

### 7.2.8. Ózon, $O_3$

Az ózon szintelen, vízben oldódó, erősen oxidáló hatású gáz. A spontán lebomlásának felezési ideje 3 nap. Az ózon két szinten van jelen a légkörben: a sztratoszférában (ahol a Naptól érkező, élővilágra veszélyes ultraibolya sugárzás nagy részét elnyeli, s ezáltal védi az élő szervezeteket – az ezzel kapcsolatos globális problémáról a 7.4. alfejezetben lesz szó) és a troposzférában. A földfelszín közelében viszont légszennyező anyagnak tekintjük, mely nem közvetlenül kerül a légkörbe, hanem a nagy részben antropogén hatások következtében az elsődleges (vagyis primer) légszennyező anyagok (pl.:  $NO_x$ , CO, VOC és más szerves vegyületek) jelenléte esetén, fotokémiai folyamatok során keletkezik. A reakciókhoz az energiát az intenzív napsugárzás adja, ezért az ózon nyáron nagyobb mennyiségben van jelen a troposzférában. A primer szennyező anyagok a kipufogógázokból és más égési folyamatokból, az oldószerek ipari alkalmazásából és felületkezelési technológiákból kerülnek a levegőbe.

Az ózon belélegezve erősen mérgező hatású az állatvilágra és az emberi egészségre is. Már viszonylag rövid expozíciós idő alatt is irritálja a szemet, az orr és a torok nyálkahártyáját, továbbá köhögést és fejfájást okoz. Krónikus hatás esetén hozzájárul az asztma kialakulásához és csökkenti a tüdőkapacitást. A növények szempontjából a fotoszintézist és a növények légzési folyamatait egyaránt befolyásolja, csökkenti a növények fejlődési ütemét és a reprodukáló képességüket (7.2.21. ábra). Az ózonnak fertőtlenítő (baktériumölő) hatása van, mely a természetes ökoszisztémákban nem kívánatos. Az ózon a mesterséges környezetre is hatással van: nagy koncentrációban korrodálja a fémeket, építőanyagokat, gumit, műanyagokat.



7.2.21. ábra: Egészséges (bal oldalon) és ózon által károsított (jobb oldalon) levélfelszín

### 7.3. A városok környezetmódosító hatása

A globális változások egyik lényeges eleme a világnépesség gyors növekedése, mely földrajzi térségenként nagy eltéréseket mutat. Elsősorban a nagyobb településeken élők száma emelkedik, s kialakulnak a hatalmas, több millió lakossal rendelkező agglomerációs (szélsőséges esetekben ún. megavárosi) központok. 2000-ben már a Föld népességének mintegy fele városokban élt. Az amerikai és európai kontinensen a városi lakosság aránya még ennél is jóval magasabb, kb. 75%-os volt. A fejlődő régiókban, Afrikában, illetve Ázsiában közel 40%-os arányt regisztráltak. Az elkövetkező három évtizedben a fejlettebb gazdaságú országokban előreláthatóan 80% fölé emelkedik a városi népesség aránya, míg a fejlődő országokban az előrejelzések alapján közel 55%-ra módosul a városi lakosok aránya. Napjainkban Magyarország népességének 67%-a él városokban, és az előrejelzések szerint 2030-ra a lakosság 75%-a, 2040-re pedig 80%-a lesz városlakó.

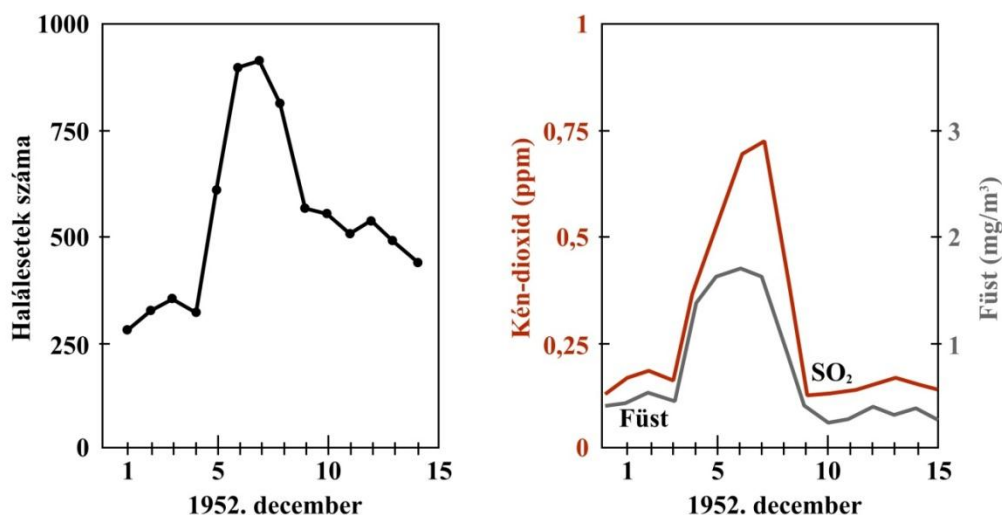
Ázsiában és Afrikában az össznépesség nagy mértékű növekedése várható, mely hatványozottan jelentkezik a nagyvárosokban. A fokozódó emberi tevékenység hatására meg bomlik a természetes környezet egyensúlya a városokban, nagymértékben megváltozik a felszín arculata és a felszín-légkör rendszer energiaegyenlege, módosul a légkör összetétele, s mindezek következtében kialakul a jellegzetes városklíma.

A városok környezetmódosító hatásait három nagyobb csoportra különíthetjük:

1. A koncentrált légszennyezés miatt módosul a légkör összetétele.
2. A mesterséges felszínek és a sűrű beépítettség természetes viszonyoktól való jelentős eltérése miatt a sugárzási viszonyok átalakulnak. Ennek hatására alakul ki az ún. városi hősziget jelenség, mely a belvárosi területek és a környező térség közötti hőmérsékletkülönbséggel jellemezhető.
3. A felszíni érdesség jellegzetességei miatt létrejön egy város körüli lokális cirkulációs rendszer.

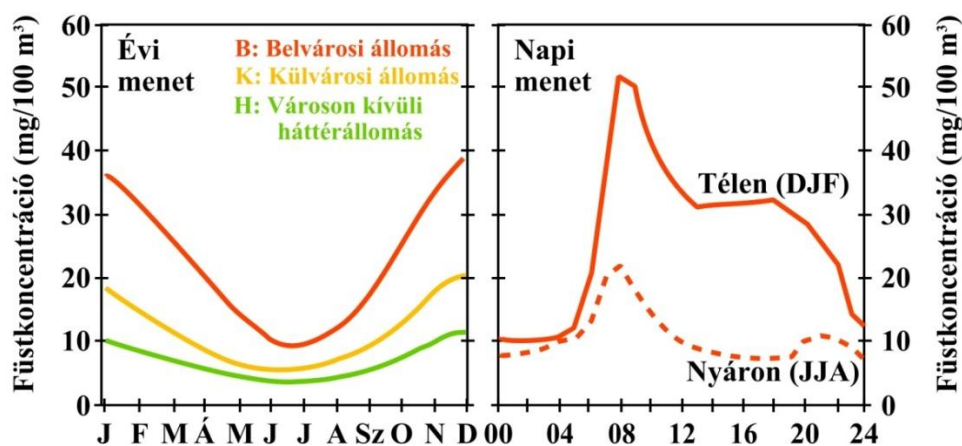
A környezetvédelem és a levegőszennyezés szempontjából az első csoport a leglényegesebb, ezért ebben a fejezetben elsősorban ezt tekintjük át.

A városi környezetben koncentráltan többféle szennyező forrás is jelen van: a háztartások, az ipari kibocsátók, valamint a közlekedés. Adott település körzetében a kialakuló légszennyezettség mértékét a légköri stabilitási viszonyok, a jellemző áramlási viszonyok, s a fotokémiai reakciókon keresztül a napsugárzás határozza meg.



7.3.1. ábra: Levegőszennyezettségi katasztrófa Londonban, 1952. december

A városi légszennyezésre a XX. század során lejátszódott rendkívül erős szennyezési események hívták fel a figyelmet. Például 1952. december elején egy lassan mozgó anticiklon hatására Londonban olyan nagymértékben megnőtt a korom és a kén-dioxid koncentrációja, hogy pár nap leforgása alatt mintegy 4000 emberrel több halt meg, mint máskor (7.3.1. ábra), s a légzési megbetegedések száma is megnégyszereződött. A regisztrált koncentrációértékeket és a halálozási statisztikát összevetve egyértelmű az erős kapcsolat.

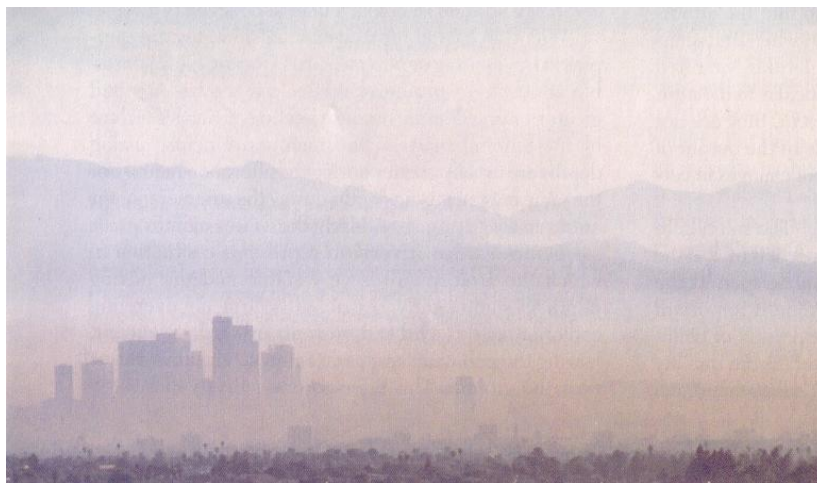


7.3.2. ábra: A légszennyező anyagok jellemző éves (bal oldalon) és napi (jobb oldalon) koncentrációváltozásai a London-típusú szmog esetén (Leicester, Nagy-Britannia, 1937–1939)

Ennek az ún. London-típusú füstködnek (vagy más néven szmognak) a fő oka a szilárd fosszilis tüzelőanyag (szén) égetése, különösen a nagyobb kéntartalmú barnaszénrel való fűtés. Az elégetéskor nagy mennyiségű korom keletkezik. A reggeli órákban általában jellemző nagy páratartalom a rengeteg koromszemcse jelenlétében kondenzációhoz vezet, s ez a kén-dioxid (és az annak oxidációjakor keletkező kén-trioxid) oldódásával savas kémhatású lesz. Ezáltal tehát kénessav, illetve kénsav keletkezik, amelyből savas eső, köd képződik. A gyenge napsütés a felső, tisztább réteget hamarabb átmelegíti, így ez az inverziós réteg lezárja az alsó hidegebb réteget. Mivel a nehezebb, hideg levegő nem tud felemel-

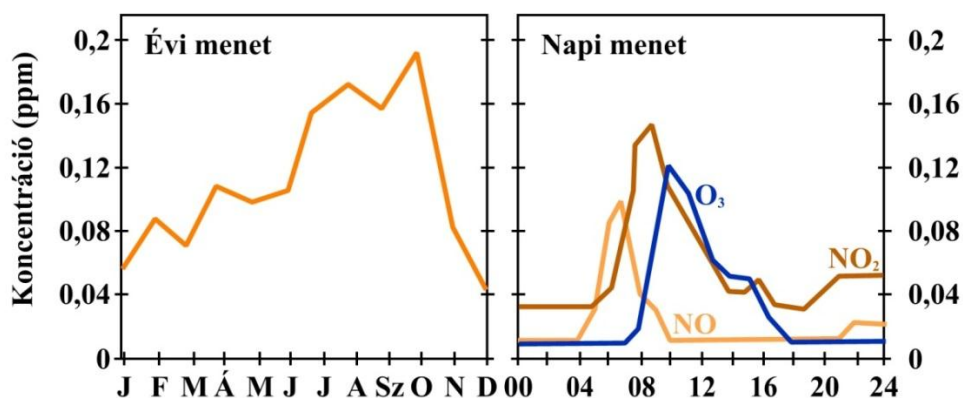


kedni, ezért nem alakulhat ki függőleges légmozgás, vagyis a szennyezett levegő nem tud kicserélődni az érintett térségben. A jellemző szennyező anyagok miatt szürkés színű, London-típusú, redukáló hatású szmog kialakulásának kedvez a magas légnyomás és a magas páratartalom, a szélcsendes időjárás, továbbá a viszonylag alacsonyabb hőmérséklet. Ezért az ilyen jellegű városi szmog főként a téli hónapokban jön létre (7.3.2. ábra).



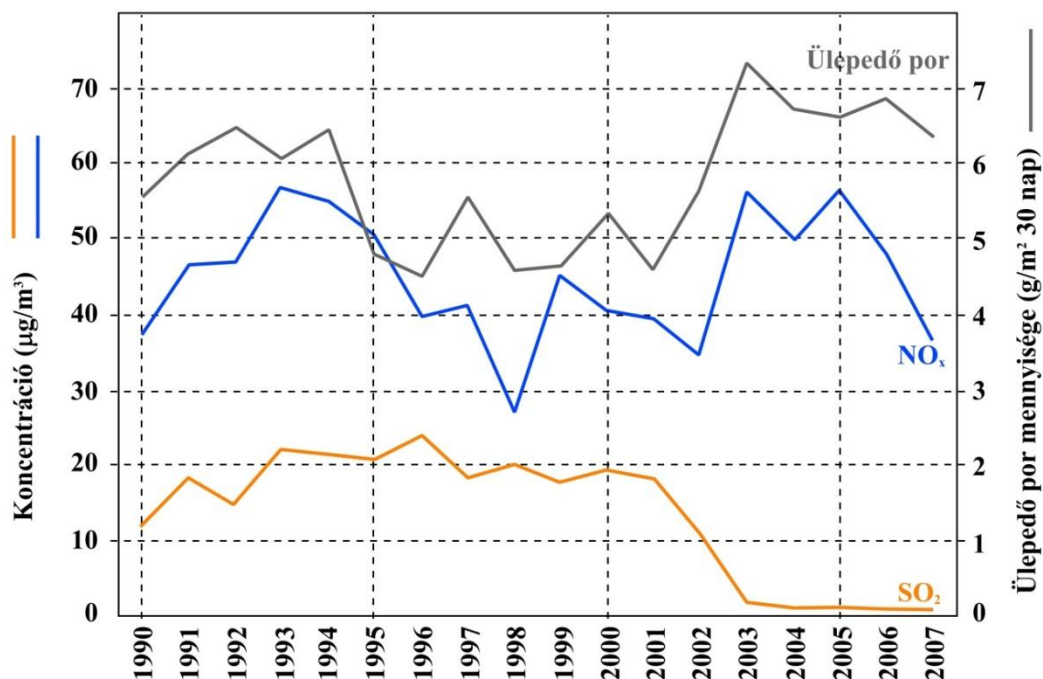
7.3.3. ábra: A Los Angeles-típusú szmog barnás színe a nitrogén-oxidok jelenléte miatt

A XX. század közepe táján Amerikában, az USA nyugati partvidékének nagyvárosában, Los Angelesben is megfigyeltek szmogot, ám ez lényegesen eltérő okokból jött létre. Nehézipari szennyező forrásokról ezen a vidéken beszélhetünk, ám nagymértékű a járműforgalom az óriási megalopolisz körzetében. A Los Angeles-típusú szmogot a közlekedésből származó szennyező anyagok (pl.: a nitrogén-oxidok, a szén-monoxid, a VOC-k stb.) okozzák, melyek jelenlétében az intenzív napsütés hatására másodlagos szennyező anyagként ózon jön létre. Az így kialakuló fotokémiai szmog barnás színű a nitrogén-oxidok miatt (7.3.3. ábra). A folyamat rendszerint a reggeli csúcsforgalom idején kezdődik, s a koncentrációmaximumot a déli órákban éri el (7.3.4. ábra). Meteorológiai szempontból a meleg, száraz, napsütéses, szélcsendes időjárás kedvez a szmog kialakulásának. Európában, például Athénban és Madridban gyakran megfigyelhető a nyári időszakban, de 1985-ben már Budapesten is észleltek fotokémiai szmogot.



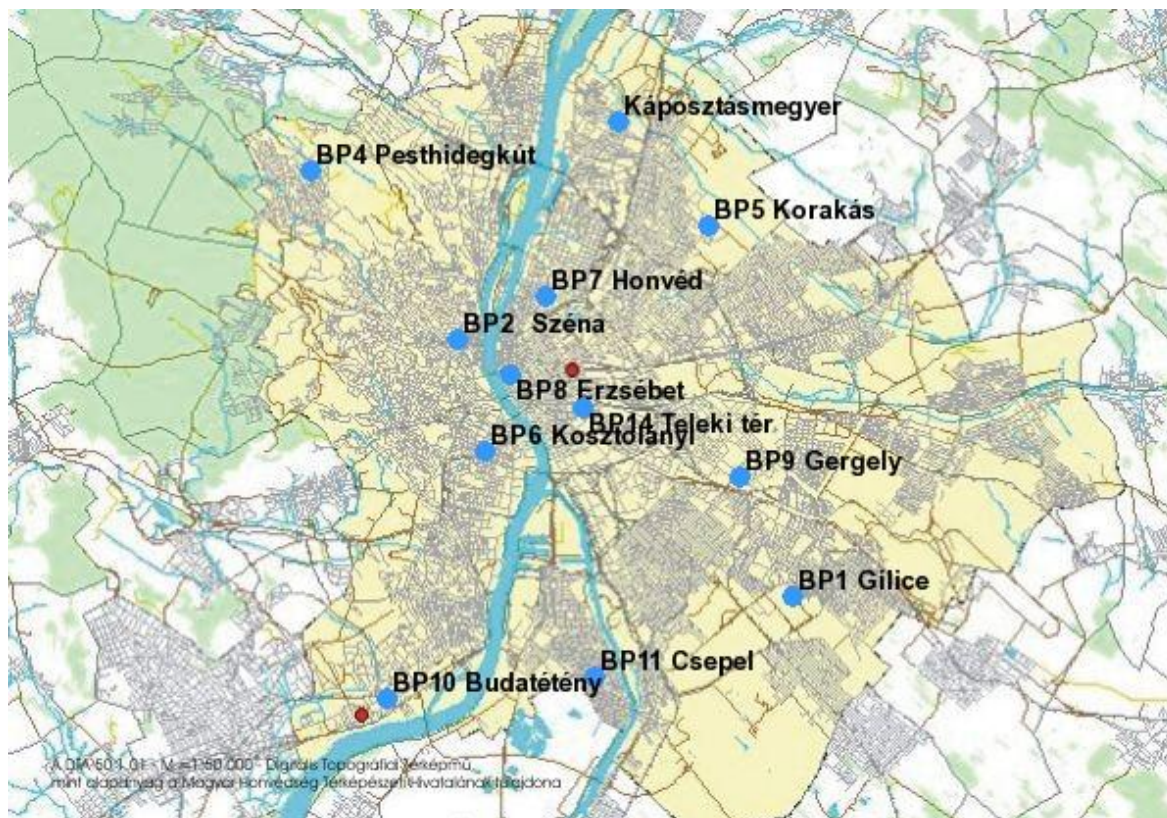
7.3.4. ábra: A légszennyező anyagok jellemző éves (bal oldalon) és napi (jobb oldalon) koncentrációváltozásai a Los Angeles-típusú szmog esetén (Los Angeles, 1964–1965)

A Budapesti levegőminőség jellemzésére látható a 7.3.5. ábrán a kén-dioxid, a nitrogén-dioxid, valamint az ülepedő mennyisége 1990 és 2007 között. Jól látható, hogy az elmúlt két évtizedben a kén-dioxid megfigyelt évi átlagos koncentrációi egyszer sem érték el az  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  egészségügyi határértéket, s az ülepedő por mért koncentrációértékei is a  $10 \text{g}/\text{m}^2 \cdot 30 \text{nap}$  nagyságú egészségügyi határérték alatt maradt. A nitrogén-dioxid esetén sajnos a legtöbb évben az átlagos koncentráció meghaladta a  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  egészségügyi határértéket.



7.3.5. ábra: A budapesti levegőminőség alakulása, 1990–2007

Fővárosunkban az Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat (<http://www.kvvm.hu/olm/>) keretében 1974 óta folyik több mérőpontra rendszeres, óránkénti rögzítésű levegőszennyezettség-mérés. A budapesti mérési programban jelenleg részt vevő 12 mérőállomáson (melyek közül 5 a belvárosban, 5 a külső kerületekben, 2 pedig ipari létesítmények közelében helyezkedik el, 7.3.6 ábra) többek között az alábbi szennyező anyagok koncentrációját regisztrálják: SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub>. A vidéki városokban is végeznek hasonló méréseket, de a kisebb kiterjedés miatt általában csak maximum 2-3 ponton. Az automatikus analizátorokkal felszerelt mérőeszközöket általában telepített konténerházakban (7.3.7. ábra) helyezik el, és az adattovábbítás elektronikus úton történik az adatközpontba.



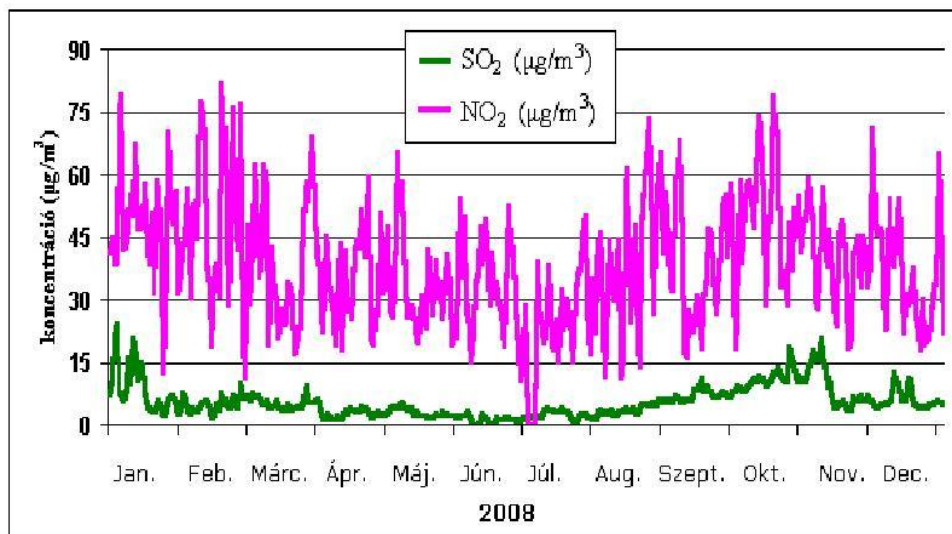
7.3.6. ábra: A budapesti levegőminőség-mérő hálózat állomáshálózata

Példaként a 2008 során a Teleki téren végzett mérések alapján bemutatjuk a fontosabb légszennyező anyagok napi átlagos koncentrációjából meghatározott éves menetet. A kén-dioxid- és a nitrogén-dioxid-koncentráció görbéje a 7.3.8. ábrán látható, a PM10 és az ózon a 7.3.9. ábrán, a szén-monoxid pedig a 7.3.10. ábrán.



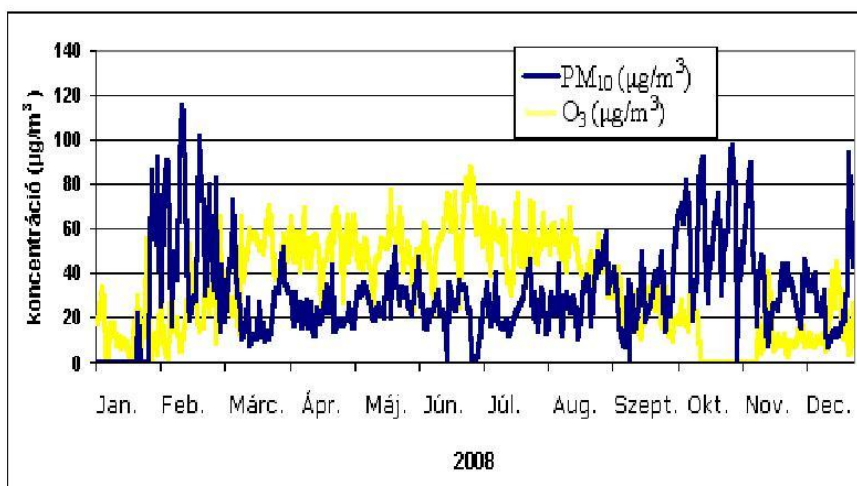
7.3.7. ábra: A Széna téren található mérőállomás

A kén-dioxid esetén (7.3.8. ábra zöld görbéje) az egészségügyi határértékhez ( $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) képest jóval kisebb értékeket mértek egész évben, s összességében a téli hónapokban nagyobb volt a koncentráció, mint a nyári időszakban. A maximális értékeket ( $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -t) januárban és november elején regisztrálták. A nitrogén-dioxid esetén (7.3.8. ábra lila görbéje) a nyáron megfigyelhető, összességében alacsonyabb napi koncentrációértékek egyértelműen a kisebb gépjárműforgalommal magyarázhatók. 2008-ban ugyan nem történt a napikoncentráció-idősorban egészségügyihatárérték-átlépés (a napi átlagok esetén a határérték  $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), de többször is előfordult, hogy megközelítette ezt a koncentrációértéket a napi átlag.



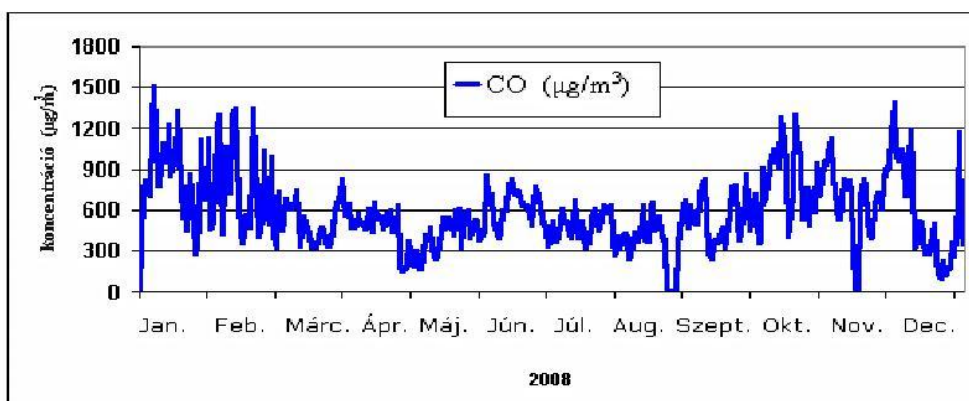
7.3.8. ábra: A kén-dioxid és a nitrogén-dioxid napi átlagkoncentrációjának éves menete (2008, Teleki tér)

Az ózonkoncentrációban (7.3.9. ábra sárga görbéje) egyértelműen nyáron nagyobb, télen kisebb napi átlagértékeket regisztráltak, mely a napsugárzás hatására utal. A maximális értékeket ( $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -t) júliusban és augusztusban figyelhetjük meg., de ezek sem érték el az egészségügyi határértéket ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). A PM10 napi koncentráció idősora (7.3.9. ábra kék görbéje) nem mutat határozott évi menetet, hanem a napi csapadékkal van szorosabb kapcsolatban, mely a porrészecskéket kimossa a légkörből. 2008-ban a júniusi nagyobb csapadék következtében alacsonyabb ( $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -nél kisebb) napi átlagkoncentrációkat mértek, ezzel szemben a téli időszakban a maximumok a  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  értékeket is meghaladták. Az év során az egészségügyi határértéket ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 51-szer (főként februárban és októberben) lépte túl a PM10 napi átlagkoncentrációja, ami csaknem másfélszer több a megengedettnél (35).



7.3.9. ábra: A PM10 és az ózon napi átlagkoncentrációjának éves menete (2008, Teleki tér)

A szén-monoxid esetén (7.3.10. ábra) szintén egyértelmű a téli maximum, ami a fokozottabb energiafelhasználás és jelentősebb közlekedés következménye. Az októbertől márciusig tartó időszakban a legmagasabbak a napi átlagos koncentrációértékek, melyek többször is meghaladták az  $1200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -t. A napi koncentrációra vonatkozó egészségügyi határértéket ( $5000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) azonban szerencsére még ekkor se közelítették meg a mért értékek.



7.3.10. ábra: A szén-monoxid napi átlagkoncentrációjának éves menete (2008, Teleki tér)

A hazai szabályozás értelmében a 2001-ben meghatározott egészségügyi határértékeket az 7.2. táblázat foglalja össze (a PM10 esetén 2008-ban szigorítást vezettek be). Ezeket az értékeket úgy definiálták, hogy tartós egészségkárosodást még hosszabb idejű hatás esetén se okozzanak, de az emberi egészség védelme érdekében a jogszabályban meghatározott módon és időn belül be kell tartani. Az egészségügyi határérték elérése és túllépése veszélyes légszennyezettséget eredményezhet. Jól látható, hogy minél hosszabb időt reprezentál az átlagérték, annál alacsonyabb a határérték nagysága. Néhány esetben megengedett az óras, illetve napi határértékek időleges túllépése.

Légszennyező anyag	órás	24 órás	Éves
Kén-dioxid (SO <sub>2</sub> )	250 (a naptári év alatt 24-nél többször nem léphető túl)	125 (a naptári év alatt 3-nál többször nem léphető túl)	50
Nitrogén-dioxid (NO <sub>2</sub> )	100 (a naptári év alatt 18-nál többször nem léphető túl)	85	40
Nitrogén-oxidok (NO <sub>x</sub> )	200	150	100
Ózon (O <sub>3</sub> )		120 (3 év átlagában évi 80-nál többször nem léphető túl)	
Szén-monoxid (CO)	10 000	5000 (8 órás mozgó átlag)	3000
Ólom (Pb)		0,3	0,3
PM10		50 (a naptári év alatt 35-nél többször nem léphető túl)	40

7.2. táblázat: A hazai levegőminőségi normák  
(az egészségügyi határértékek  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -ben megadva szerepelnek)

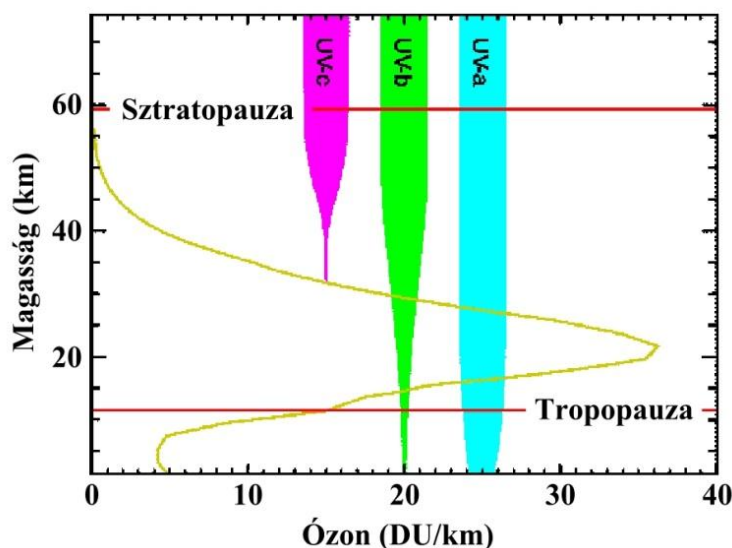
A hazai településekre vonatkozóan szmogriadótervet kell készítenie az illetékes önkormányzatoknak. A szmogriadótervnek az a célja, hogy meghatározza a környezetveszélyeztetést okozó légszennyezettség kialakulása esetén az emberi élet és egészség megóvása érdekében szükséges intézkedéseket, azok elrendelésének és végrehajtásának szabályait. A tartalmi követelményeket, s a végrehajtás módját a 21/2001. (II.14.) Kormányrendelet szabályozza. A Budapesten jelenleg hatályos szmogriadótervet a Fővárosi Közgyűlés a 2008. november 27-én tartott ülésén tárgyalta és fogadta el, majd 2008. december 10-én lépett hatályba. A rendelet a Los Angeles- és a London-típusú szmogra vonatkozóan is tartalmaz előírásokat. A szmogriadót a főpolgármester rendeli el és szünteti meg, s a tömegtájékoztatás eszközeivel bejelenti a jogszabályban elfogadott intézkedéseket. A szmogriadóterv egyes fokozatait akkor kell elrendelni, ha a jogszabályban előírt légszennyező anyag koncentrációja legalább három mérőállomáson, 3 egymást követő órás átlag, illetve a szálló por (PM10) esetében 2 egymást követő 24 órás átlag folyamatosan eléri vagy meghaladja a jogszabályban rögzített küszöbértéket (7.3. táblázat). A tájékoztatási küszöbérték a légszennyezettségnek olyan megállapított szintjét jelenti, mely egyes légszennyező anyagok esetén a lakosság érzékenyebb csoportjait (gyermeket, időskorúakat, betegeket) veszik figyelembe. Ennek elérése és túllépése enyhébb intézkedéseket jelentő, tájékoztatási fokozatú szmoghelyzetet eredményez, s a túllépése esetén a lakosságot tájékoztatni kell. A riasztási küszöbérték a légszennyezettségnek olyan mértékét jelenti, melynek már rövidebb ideig tartó túllépése is veszélyeztetheti az emberi egészséget. Ekkor azonnali beavatkozásra van szükség. A riasztási küszöbérték elérése és túllépése forgalomkorlátozással járó intézkedéseket jelentő, riasztási fokozatú szmoghelyzetet eredményez.

Légszennyező anyag	Tájékoztatási küszöbérték	Riasztási küszöbérték
Kén-dioxid (SO <sub>2</sub> )	400	500
Nitrogén-dioxid (NO <sub>2</sub> )	350	400
Szén-monoxid (CO)	20 000	30 000
PM10	75	100
Ózon (O <sub>3</sub> )	180	240

1.3. táblázat: A hazai levegőminőségi normák  
(a tájékoztatói és riasztási küszöbértékek  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -ben megadva szerepelnek)

#### 7.4. A sztratoszférikus ózonnal kapcsolatos globális környezeti probléma

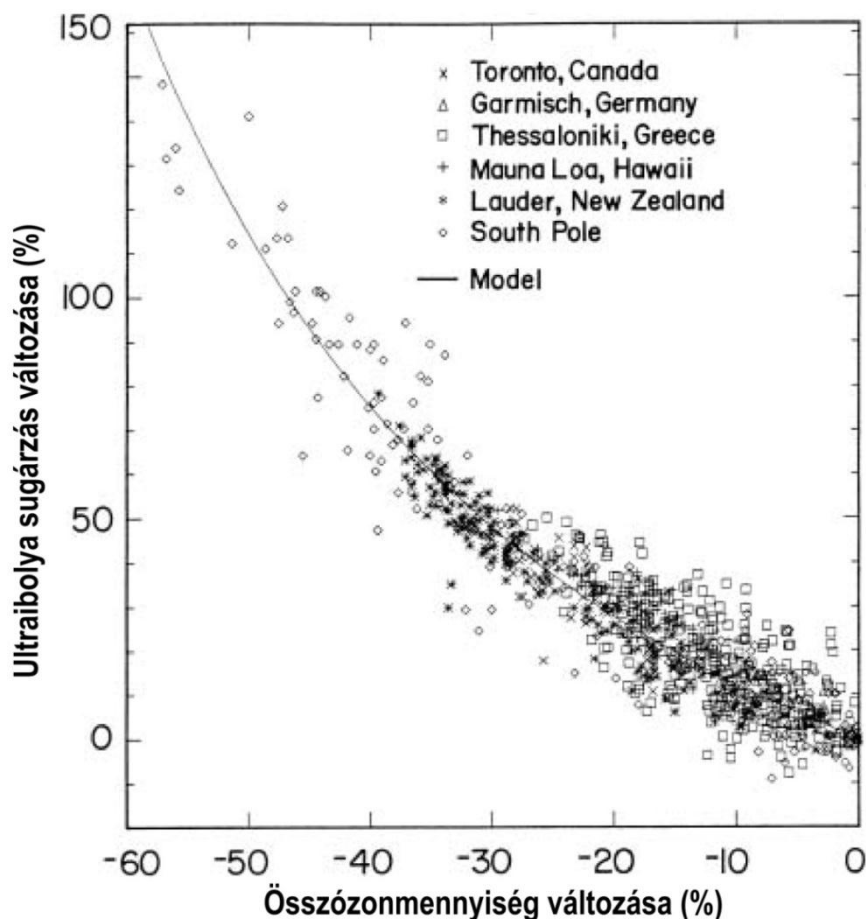
A földi légkörben, a sztratoszférában található ózonréteget két francia fizikus, Charles Fabry (1867–1945) és Henri Buisson (1839–1905) fedezte fel 1913-ban. Ez a sztratoszférikus ózonréteg elnyeli a Napból érkező ultraibolya (UV) tartományú elektromágneses sugárzás 0,29  $\mu\text{m}$ -nél kisebb hullámhosszú részét fotokémiai reakciók révén (7.4.1. ábra). A földi ózonréteg védi az élő szervezeteket a káros sugárzástól, mely, ha elérne a felszínre az emberek és állatok esetén bőrrákot, illetve szürkehályogot, a mezőgazdaságban pedig komoly terméskárokat okozna. A felszíni UV-sugárzásban észlelhető változás és az összózonmennyiség detektált változása közötti fordított arányosságot illusztrálja a 7.4.2. ábra: minél jobban csökken az ózontartalom, annál jobban növekszik a felszínre lejutó UV-sugárzás.



7.4.1. ábra: Az ózonmennyiség vertikális eloszlása és az ultraibolya sugárzások lejutásának kapcsolata – UV-a: 315–400 nm, UV-b: 280–315 nm, UV-c: 100–280 nm (Forrás: NASA)

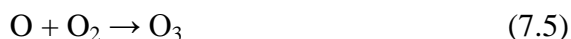
Az ózon mennyiségét Dobson-egységben (DU) mérjük, melyet Gordon Dobson (1889–1976) brit kutatóról neveztek, aki az Oxfordi Egyetemen 1924-ben fejlesztette ki az első mérőműszert az ózon légköri mennyiségének mérésére. 1 DU azt fejezi ki, hogy 1013

hPa nyomáson és 0 °C hőmérsékleten mekkora lenne az ózon rétegvastagsága 10 µm egységben mérve. Ha a teljes légköri ózommennyiséget egyenletes eloszlásban a földfelszíni körülmények között mérnénk meg, akkor összességében csupán 3 mm vastagságú réteget alkotna a felszínen, mely 300 DU-nak felel meg. A trópusi övezetben ennél kevesebb (min-tegy 260 DU) a teljes légoszlop átlagos ózommennyisége, s a pólusok felé haladva növekszik az évi átlagérték, ugyanakkor az éven belüli változékonyság is hasonlóképpen nő.



7.4.2. ábra: A felszíni UV-sugárzás változása és az összózonmennyiség változása közötti összefüggés (Forrás: WMO)

Természetes körülmények között a kétatomos oxigénmolekula ultraibolya (240 nm-nél kisebb hullámhosszú) sugárzás hatására bomlik két oxigénatomra (ezt hívjuk fotódisszociációnak), melyek viszont hamar reakcióba lépnek a kétatomos oxigénmolekulával, s így három oxigénatomból álló ózonmolekulát alkotnak.

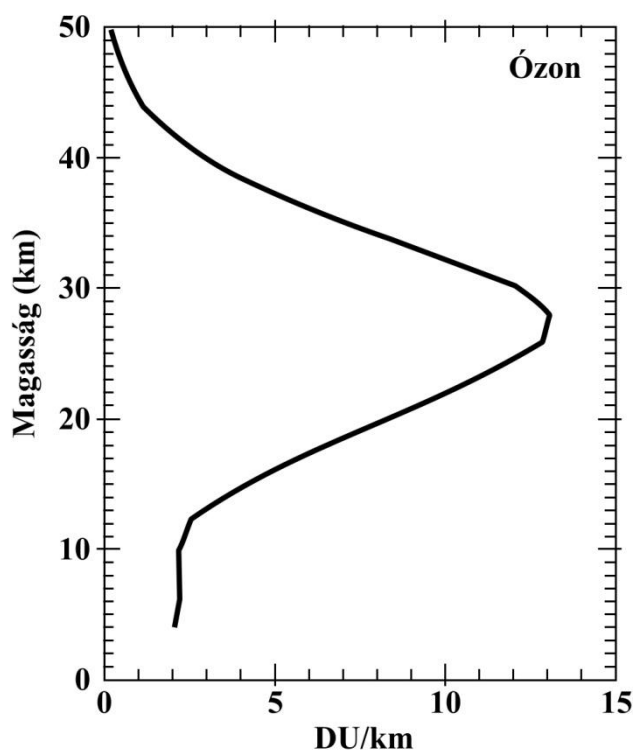


Az ózonmolekulák elnyelik a 200 nm és 310 nm közötti hullámhossztartományba eső elektromágneses sugárzást, s ennek következtében az ózonmolekula szétbomlik egy oxigénmolekulára és egy oxigénatomra. Az oxigénatom és az oxigénmolekula újra ózonmolekulát alkot: ezt a folyamatot hívjuk rekombinációnak. Ha az oxigénatom ózonmolekulával lép reakcióba, akkor két kétatomos oxigénmolekula keletkezik.



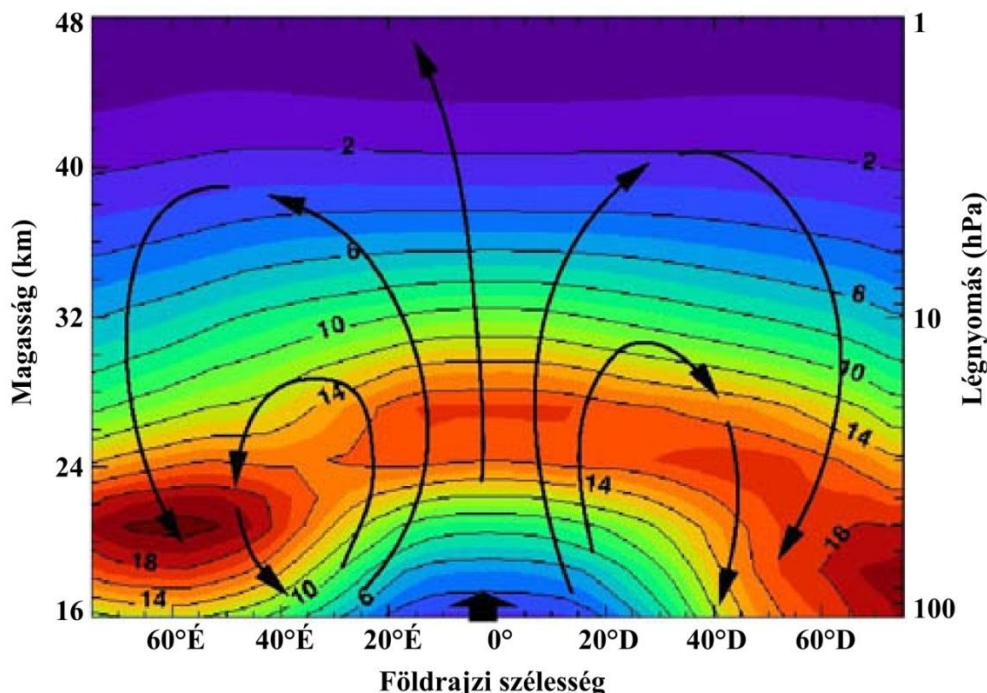


A fenti fotokémiai és rekombinációs folyamatok összessége az ún. Chapman-mechanizmus, melynek eredményeképpen alakul ki a sztratoszférikus ózon egyensúlyi mennyisége. A felszín felől a magassággal felfelé haladva a (7.5) reakció egyre lassabb lesz, míg a (7.6) reakció egyre gyorsabb. A légkör felső részében az oxigénatomok túlsúlyát figyelhetjük meg, itt az [ultraibolya sugárzás](#) még nagymértékű. Ahogy a sztratoszférában lefelé haladunk, a légkör egyre sűrűbbé válik, az ultraibolya sugárzás elnyelése egyre erősebb lesz, s az ózonszint maximuma a 20–30 km-es magasságban jelenik meg (7.4.3. ábra). Továbbhaladva a felszín felé, az ultraibolya sugárzás mértéke egyre kevesebb lesz, s az ózonszint is csökken.



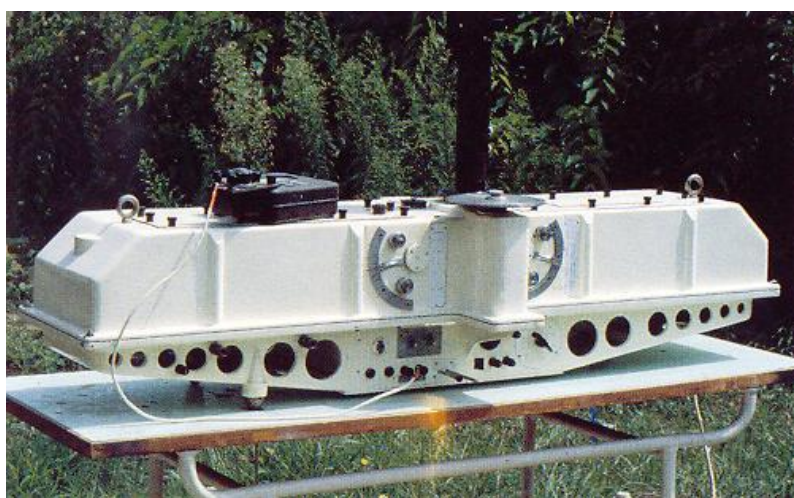
7.4.3. ábra: Az ózonszint (DU) átlagos vertikális eloszlása (Forrás: WMO)

A sztratoszférikus ózon esetén a maximális mennyiség magassági szintje a földrajzi szélesség függvényében változik, melyet a 7.4.4. ábra mutat be. A trópusi övben magasabban, a pólusok felé haladva egyre alacsonyabban található az ózonmaximum helye. Ennek oka egyértelműen a Föld tengely körüli forgásából adódó, kis mértékű földi lapultság, melyből következik a légköri rétegek szerkezetében is megjelenő magassági különbség.



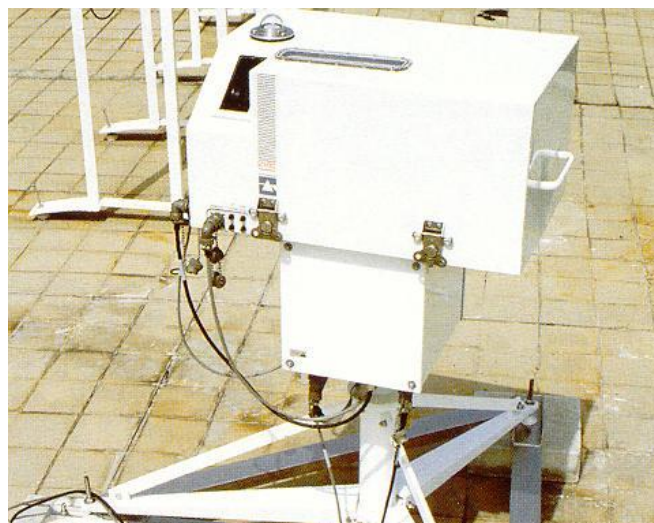
7.4.4. ábra: Az ózommennyiség (DU) vertikális eloszlása a földrajzi szélesség függvényében, 1980–1989. Nimbus/7 műhold SBUV mérései alapján (Forrás: NASA)

Az ózommennyiség mérését végezhetjük a földfelszínről például a Dobson-féle spektrofotométerrel (7.4.5. ábra). Ennek működési elve azon alapul, hogy az ultraibolya sugárzást két különböző hullámhossztartományban mérik: (1) 305 nm-en nagy mértékű az ózon elnyelése, (2) 325 nm-en viszont csekély. A mért sugárzási arány a Nap állásától függően változik, s ebből lehet az ózon mennyiségére következtetni. A mérés három órát vesz igénybe, s mintegy 48 km magasságig képes megadni az ózommennyiséget. A mérés érzékenysége a 30 km magassági szintre vonatkozóan a legnagyobb. E mérési módszernek sajnos megvan az a hátránya, hogy a légkörben található szennyező anyagok és aeroszolrészecskék nagymértékben befolyásolják a kapott eredményt azáltal, hogy ezek szintén elnyelik az ultraibolya sugárzás egy részét.



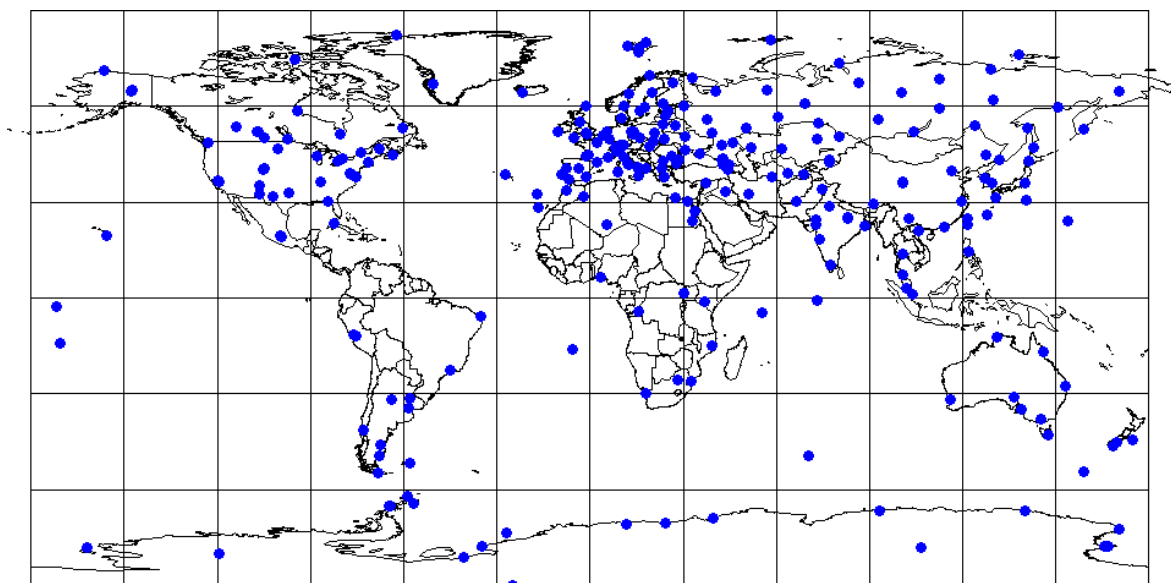
7.4.5. ábra: Dobson-féle spektrofotométer (Forrás: OMSz)

Világszerte mintegy 120 Dobson-féle spektrofotométert használtak, melyek közül napjainkban már csak 50 működik. A legrégebb óta folyamatosan működő műszer a Norvégiai Sarkvidéki Intézet tetején található, Svalbard szigetén, Ny-Ålesund-ban. Az Országos Meteorológiai Szolgálat 1969 óta rendelkezik ilyen mérőműszerrel. A Dobson-féle mérőműszer továbbfejlesztett, modernebb változata a Brewer-féle spektrofotométer (7.4.6. ábra), mely az 1980-as években terjedt el, s egy szélesebb hullámhossz tartományban (286,5–363 nm között) végez sugázméréseket. Az Országos Meteorológiai Szolgálatnál 1998 óta folynak mérések Brewer-féle spektrofotométerrel.



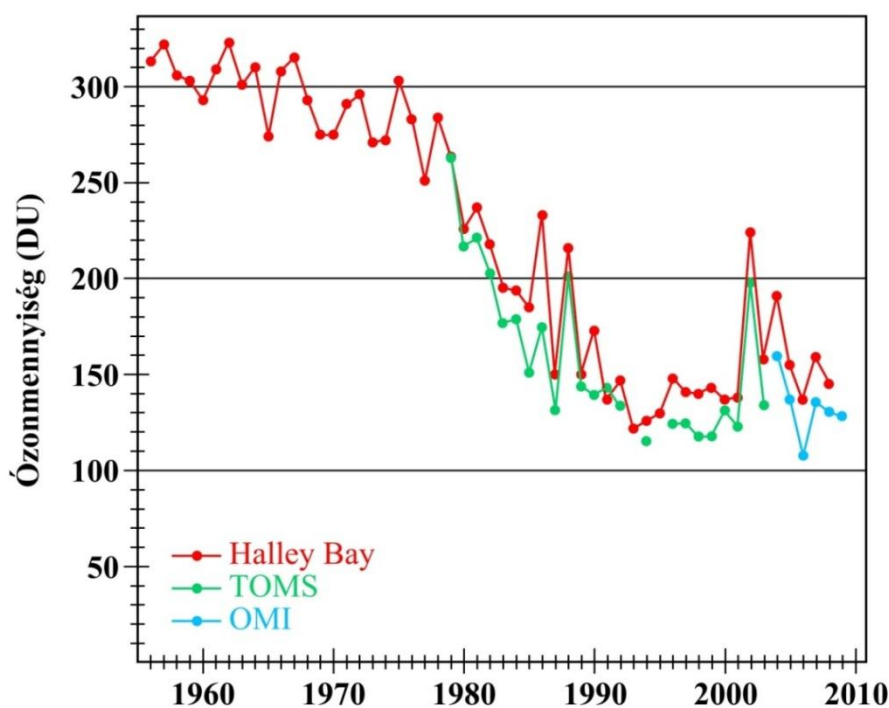
7.4.6. ábra: Brewer-féle spektrofotométer (Forrás: OMSz)

A földfelszínről végzett ózonmérő állomások földrajzi elhelyezkedését a 7.4.7. ábra mutatja. Napjainkban már időben folyamatosabb és térben egyenletesebb eloszlásban szolgáltatnak információt a műholdas mérések, ám ezek elterjedése az 1970-es, 1980-as évekre tehető, azt megelőzően nem állnak rendelkezésre távérzékelt adatsorok.

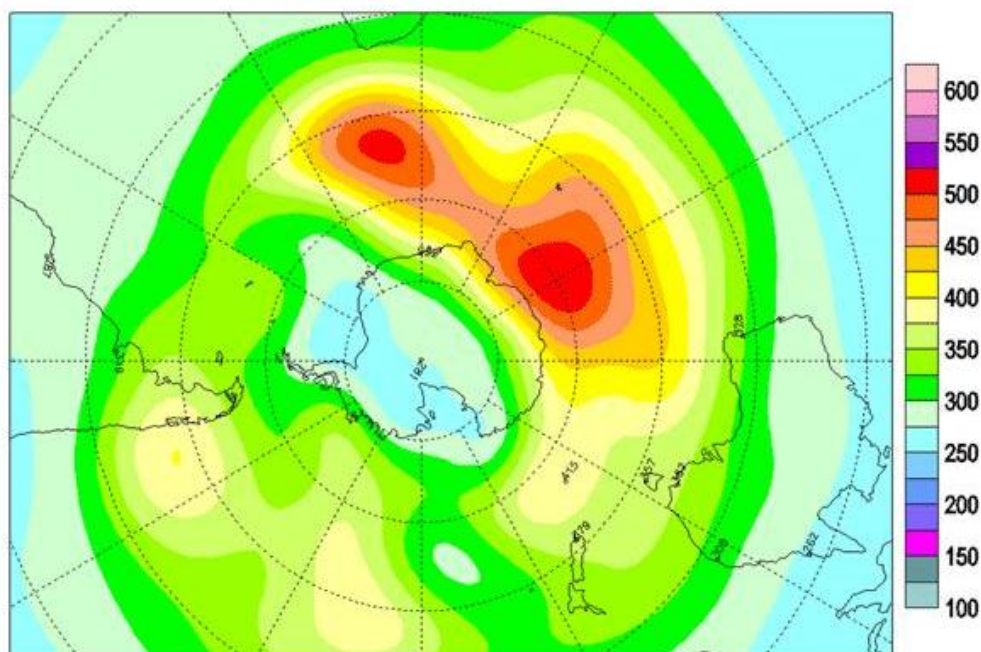


7.4.7. ábra: A földfelszíni ózonmérő-hálózat

Az Antarktisz vidékén az 1957-es Nemzetközi Geofizikai Évre készülődve, 1956-ban nyitották meg a Halley Bay Observatóriumot. Ekkor indultak az első ózommennyiség-mérések a kutatóközpontban felállított Dobson-féle spektrofotométerrel. A mérések alapján elsőként az 1970-es években tapasztalták az ózommennyiség csökkenését (7.4.8. ábra). Mivel a Föld más régióiban ebben az időszakban még nem tapasztaltak hasonló csökkenést, ezért csaknem egy évtizeden át mérési hibának tekintették az antarktisi eredményeket. Az 1960-as években 300 DU körül ingadozott az összózonmennyiség a déli sarkvidék fölötti légterben, az 1970-es évekre ez 260–270 DU-ra csökkent, az 1980-as évek második felében pedig már 200 DU alá csökkent. A legkisebb értékeket az 1990-es években mérték, az októberi átlagos ózommennyiség jellemzően 150 DU alatt maradt évekig, s 1993-ban 120 DU volt (az antarktisi Dobson-féle spektrofotométerrel ebben az évben, október 12-én mérték a legalacsonyabb napi összózonmennyiséget, 89 DU-t). A 2000 utáni évtizedben valamelyest növekedett az ózommennyiség: 140–200 DU közötti értékeket regisztráltak. Az ózommennyiség októberi átlagos területi eloszlását 1979–2010. között a 7.4.9. térképsozaton követhetjük nyomon.

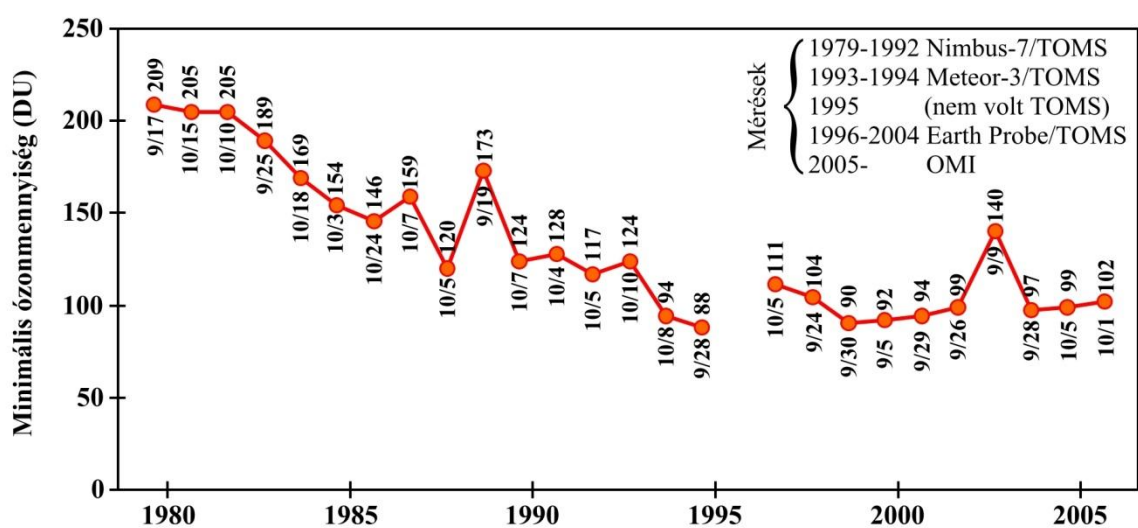


7.4.8. ábra: Az Antarktisz fölött mért ózon csökkenő trendje az októberi átlagos értékek idősorai alapján, 1956–2009. (Forrás: NASA)



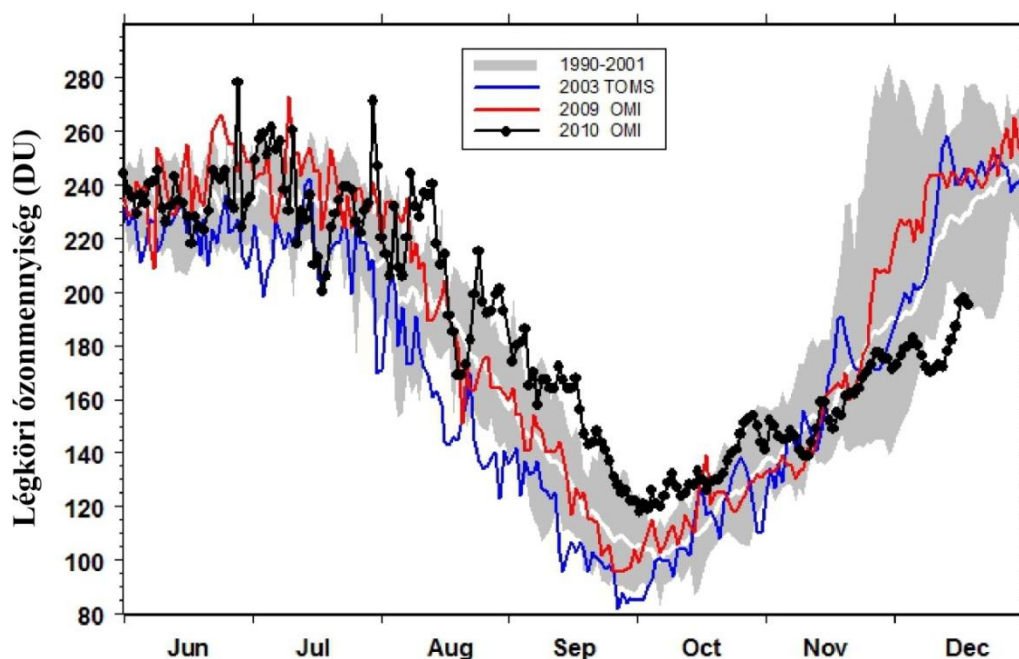
7.4.9. ábra: Az összózonmennyiség októberi átlagos mezője a déli félgömbön műholdas mérések alapján, 1979–2010. (Forrás: World Ozone and UV Data Center, Environment Canada) -- animáció ppt-file-ből

Természetesen a napi méréseket tekintve a fenti értékeknél alacsonyabb évi minimumokat kapunk (7.4.10. ábra). Míg 1990 előtt a 60° déli szélességi kör és a Déli-sark közötti térségben a szeptember–október folyamán mért évi minimumérték nem csökkent 120 DU alá, addig az 1990 utáni években rendszeresen előfordult 100 DU alatti napi ózonmennyiség az Antarktisz térségében. A legalacsonyabb összózonmennyiséget a műholdas szenzorok mérései alapján 1994 szeptemberében (szept. 28.) regisztrálták (88 DU).



7.4.10. ábra: A 60°–90°D térségben műholdas szenzorral mért minimális ózonmennyiség értéke és a mérés napja, 1979–2005. (Forrás: NOAA)

Az Antarktisz fölött az ózommennyiség drasztikus mértékű csökkenése tehát a déli félgömb tavaszán következik be, melynek időbeli alakulását illusztrálja a 7.4.11. ábra. A műholdas TOMS<sup>1</sup> szenzor 1990 és 2001 közötti években mért értékeit a szürke sáv reprezentálja a grafikonon, ezek átlagos értékét pedig a benne futó fehér görbe. (A TOMS szenzor hat hullámhossztartományban végez méréseket, melyek közép-hullámhossza: 312,5 nm, 317,5 nm, 331,3 nm, 339,9 nm, 360,0 nm és 380,0 nm. Az első négy tartományba eső sugárzást kisebb-nagyobb mértékben elnyeli az ózon, az utóbbi két tartományban pedig a reflektivitást mérik.) A legutóbbi intenzív ózoncsökkenés időszakában, 2003-ban mért értékek kékkel jelennek meg az ábrán. 2005-ben a TOMS műszert egy új szenzor, az ún. OMI<sup>2</sup> váltotta fel az amerikai műholdakon, ezért az utóbbi években ezek méréseit tartalmazzák az elemzések. A 2009 második felében, illetve 2010 során mért légköri össz-ózommennyiség alakulását a piros, illetve a fekete görbe jelzi a 7.4.11. ábrán. Jól látható, hogy július végéig az átlagos ózommennyiség 240 DU körül ingadozik, s a csökkenés augusztusban indul el. A legalacsonyabb értékeket szeptember végén, október elején szokták mérni. 2009-ben a minimális ózommennyiséget szeptember 23-án regisztrálták, 2010-ben október 2-án. Az év végére, a déli félgömb nyarára újra a szokásos 240 DU-nyi értékek jellemzőek.



7.4.11. ábra: A 40°–90°D térségben műholdas szenzorral mért minimális ózommennyiség éven belüli alakulása (Forrás: NASA)

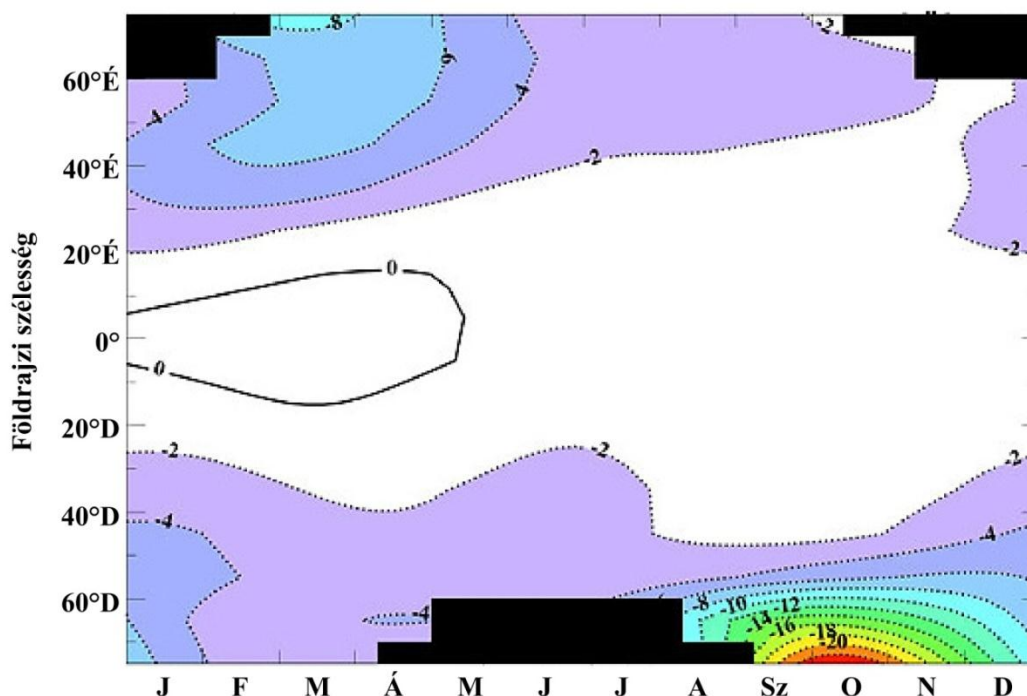
Az ózommennyiség tavaszi időszakban jelentkező csökkenésének magyarázata a déli félgömb jellegzetes cirkulációs viszonyaihoz köthető. A Déli-sark körzetében található nagy kiterjedésű szárazföld (vagyis az Antarktisz) körül az óceáni térség fölött egy rendkívül erős cirkumpoláris örvény alakul ki. Ennek hatására a téli időszakban nagymértékben lehűl a légtér, s ez kedvez a katalitikus ózombontó folyamatoknak, mely tavasz elején, a

<sup>1</sup> TOMS: Total Ozone Mapping Spectrometer, a teljes ózommennyiség feltérképezésére szolgáló sugárzásmérő

<sup>2</sup> OMI: Ozone Monitoring Instrument, ózommennyiség-mérő műszer

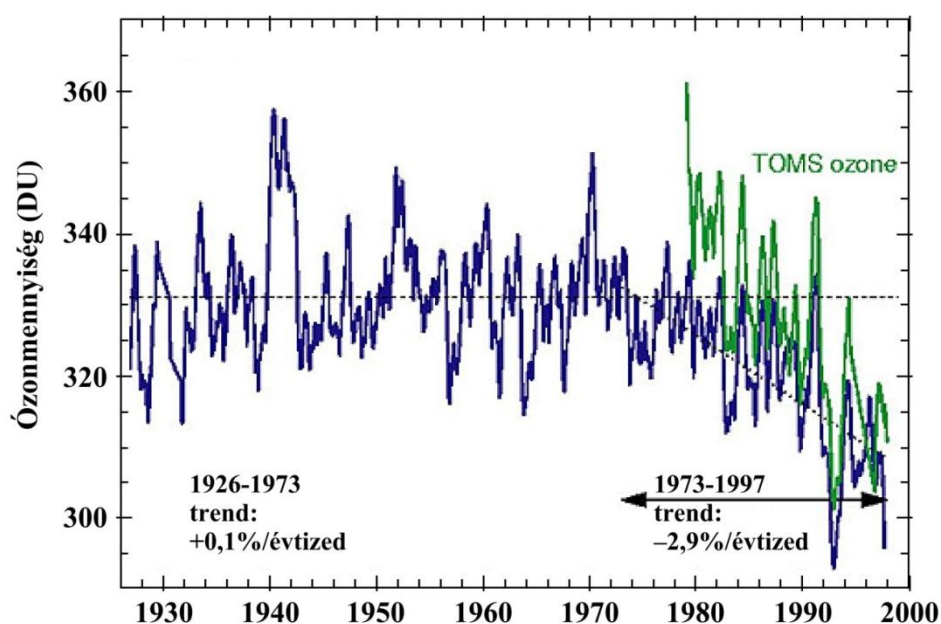
napsütés megjelenésével óriási lendülettel beindul. A fokozatos melegedés hatására később csökken az ózonbomlás sebessége, és az ózonkeletkezés egyre inkább képes ellensúlyozni a bomlás miatt csökkenő ózommennyiséget.

Az északi félgömbön is megfigyelhető az ózommennyiség csökkenő tendenciája, ám a déli félgömbhöz viszonyítva jóval kisebb mértékben. A 7.4.12. ábrán láthatjuk, hogy az Antarktisz körzetében a műholdas mérések alapján évtizedenként 20%-ot meghaladó csökkenést detektáltak 1978–1994 között. Az északi félgömbön, szintén a tavaszi időszakban (márciusban), ennek kevesebb, mint a felét, csupán mintegy 6–8%-os évtizedenkénti csökkenést regisztráltak. A grafikonról az is kitűnik, hogy a trópusi övezetben nem figyelhető meg számottevő csökkenés.



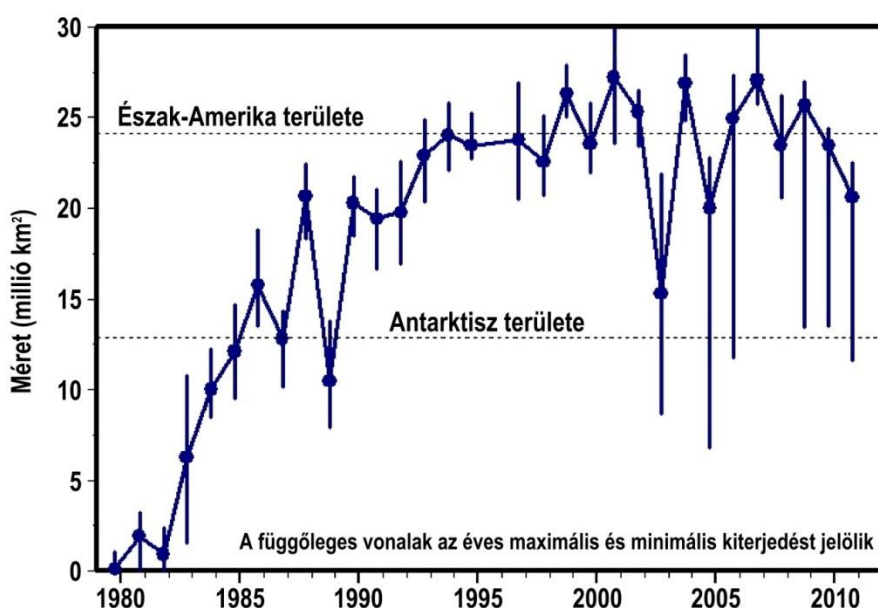
7.4.12. ábra: Az ózommennyiség éven belüli változásának trendje (%/évtized) a földrajzi szélesség függvényében, műholdas TOMS-mérések alapján, 1978.11.–1994.10. (Forrás: NASA)

A déli félgömbhöz hasonlóan az északi félgömbön is megfigyelhető, hogy a műholdas mérésekben és a földfelszíni Dobson-féle spektrofotométerrel végzett mérésekben egyaránt megjelenik a XX. század utolsó néhány évtizedében az ózommennyiség csökkenő trendje. A 7.4.13. ábra a svájci Arosa mérési idősorait mutatja. A kék görbe jelöli a Dobson-féle spektrofotométer mérései alapján előállított adatsort 1926–1997 között, a zöld pedig a műholdas TOMS-mérések idősorát az 1980-as és 1990-es években. Jól látható, hogy a zöld és kék görbe szorosan együtt halad az utolsó két évtizedben, s a földfelszíni mérések alapján a detektált trend – 2,9%-os évtizedenkénti ózoncsökkenést jelez. Ezt megelőzően a XX. század nagy részében (1926–1973 között) egy nagyon gyenge (0,1%/évtized nagyságrendű) pozitív trend figyelhető meg.



7.4.13. ábra: Az ózonneménység alakulása – 1 éves simított átlagok időszora, Arosa, Svájc, 1926–1997. (Forrás: McPeters, 2000)

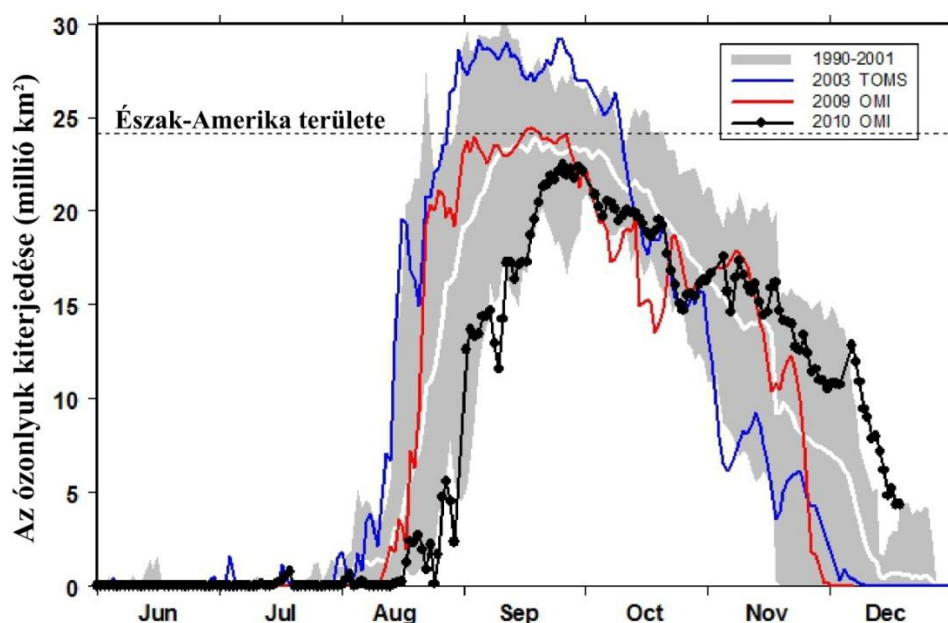
A déli félgömbön kialakuló ózonréteg elvékonyodást a nemzetközi szakirodalomban ózonlyukként emlegetik. Az [ózonlyuk](#) elnevezés definíció szerint azt a térséget jelenti, ahol az ózonneménység nem éri el a 220 DU-t, ez az alacsony érték az 1980-as években jelent meg, s az évek során egyre nagyobb kiterjedésű területté növekedett, melyet a 7.4.14. ábrán követhetünk nyomon. Az Antarktisz kiterjedését az 1980-as évek második felében érte el, az 1990-es évek végére pedig már az észak-amerikai kontinens méretét is meghaladta. A műholdas mérések alapján az utóbbi években már nem detektáltak további növekedést.



7.4.14. ábra: A déli félgömbön műholdas szenzorral detektált ózonlyuk (ahol az ózonneménység nem éri el a 220 DU-t) kiterjedésének alakulása (Forrás: NASA)

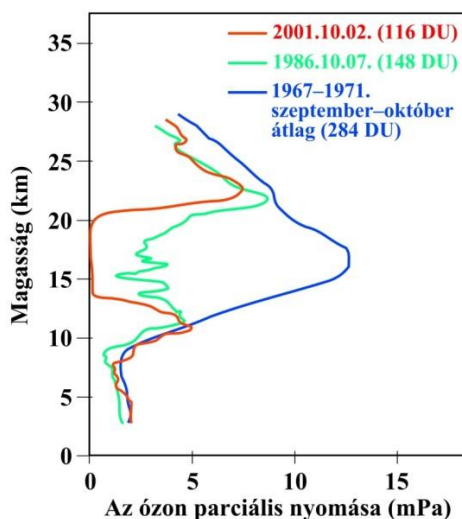


Az ózonlyuk éven belüli fejlődését a 7.4.15. ábra mutatja be. A műholdas TOMS szenzor mérései alapján meghatározott szürke sáv az 1990–2001. időszakra jellemző kiterjedést jelzi, melynek átlagát a fehér vonal jelöli. A 2003-ban mért kiterjedésváltozást a kék görbe mutatja, s az újabb OMI szenzor méréseiből az utóbbi két évben (2009-ben és 2010-ben) detektálható fejlődési menetet jelzi a grafikon piros, illetve a fekete görbéje. Összhangban az ózommennyiség augusztusban induló gyors csökkenésével, az ózonlyuk kiterjedése ezzel párhuzamosan rendszerint szintén augusztusban kezd el növekedni. A legnagyobb kiterjedést általában szeptemberben mérhetjük, amikor Észak-Amerika területénél (24 709 000 km<sup>2</sup>) is nagyobb az 220 DU-nál kisebb ózommennyiséggel jellemezhető régió kiterjedése. 2009-ben szintén szeptemberben volt a legnagyobb méretű ez az ózonlyuk, ám a maximális kiterjedés nem haladta meg a 25 millió km<sup>2</sup>-t. 2010-ben, szeptember legvégén még ennél kisebb volt a legnagyobb kiterjedés, s nem érte el a 23 millió km<sup>2</sup>-t.



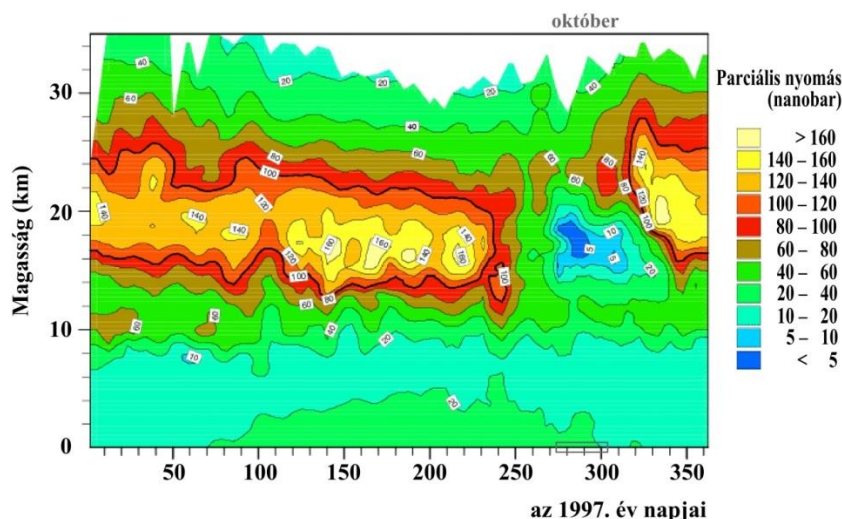
7.4.15. ábra: A déli félgömbön műholdas szenzorral detektált ózonlyuk (ahol az ózommennyiség nem éri el a 220 DU-t) kiterjedésének éven belüli alakulása (Forrás: NASA)

A vertikális ózonprofilban történő változást például rádiószondás mérésekkel vizsgálhatjuk. A Déli-sarkon található Amundsen–Scott-kutatóállomáson 1986 óta rendszeresen végeznek heti egyszeri rádiószondás mérést, a kritikus időszakban (szeptemberben, októberben és novemberben) sűrűbben, hetente két-háromszor engednek fel mérőműszerekkel felszerelt rádiószondát. A 7.4.16. ábrán jól látszik, hogy a korábbi átlagos profilhoz (kék görbe) képest a 14–22 km magasságú légrétegben jelentősen csökken az ózon, s az ebben a rétegben jelentkező ózonhiány okozza a teljes ózommennyiség csökkenését. Már 1986-ban (zöld görbe) is detektálható volt, hogy a légköri összózommennyiség az átlagos érték felére csökkent (148 DU-ra), mely a sztratoszférában lévő ózonréteg elvékonyodásából adódott. 2001-ben (piros görbe) ez a folyamat már olyan nagymértékű csökkenéssel járt, hogy a 14–20 km-es magasságból időszakosan (október elején) teljesen eltűnt az ózon, ekkor a Déli-sark fölötti légoszlopban megtalálható összózommennyiség 116 DU volt. A mérések alapján szeptember folyamán naponta átlagosan 3–5 DU-val csökken a teljes légköri ózommennyiség a térségben.



7.4.16. ábra: A Déli-sarkon mért vertikális ózonprofilok összehasonlítása (Forrás: NOAA)

Egy kiválasztott évre (1997-re) vonatkozóan követhetjük végig a vertikális profil változását a Neumayer-ben ( $70^{\circ}39' \text{ D}$ ,  $8^{\circ}15' \text{ Ny}$ ) lévő kutatóállomás mérései alapján a 7.4.17. ábrán. A függőleges tengely mentén a magasságot láthatjuk, a vízszintes tengelyen pedig az adott év napjai jönnek sorban. Az ózon parciális nyomása (melyből következtethetünk a mennyiségére) a 16–20 km közötti rétegben a legnagyobb szinte az egész év során, a maximális értékek meghaladják a  $120 \text{ nbar}^3$ -t (ez 12 mPa-nak felel meg). A csökkenés 1997-ben a 220. naptól (azaz augusztus közepétől) indult meg, s a 250. naptól (szeptember első harmadától) már csak 60 nbar alatti parciális nyomást mértek a sztratoszférában. Október első heteiben 5 nbar-nál is kisebb parciális nyomást regisztráltak a 16–19 km magasságú rétegben, ami gyakorlatilag az ózon teljes hiányát jelenti. A hónap második felében már elkezdett növekedni az ózommennyiség, s november végére újra megjelent a szokásos 120 nbar feletti parciális nyomású sztratoszférikus ózonréteg.



7.4.17. ábra: Az ózon parciális nyomásának vertikális eloszlása 1997 során rádiószondás mérési adatok alapján, Neumayer ( $70^{\circ}39' \text{ D}$ ,  $8^{\circ}15' \text{ Ny}$ ) (Forrás: NASA)

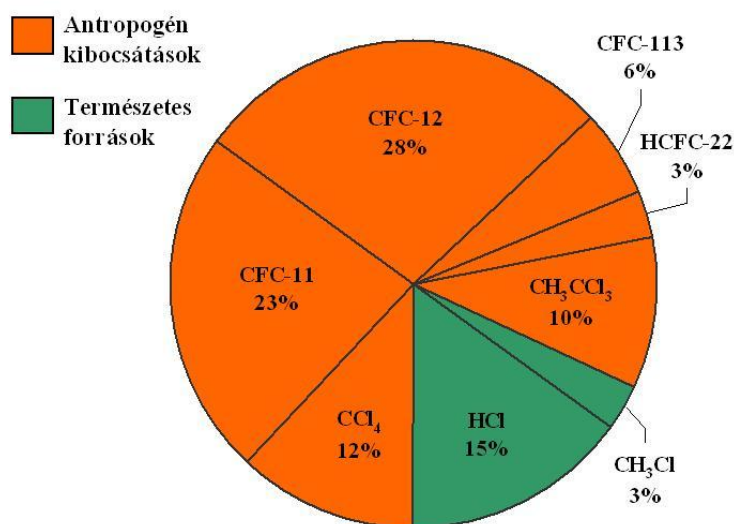
<sup>3</sup> nbar: nanobar, a nyomás mértékegysége, 10 nbar = 1 mPa.

Az alábbiakban a legfontosabb internetes forrásokat foglaljuk össze, ahol az ózon mérésével kapcsolatos friss információk megtalálhatók:

1. World Ozone Monitoring and Mapping (Environment Canada) honlapja:  
<http://es-ee.tor.ec.gc.ca/e/ozone/ozoneworld.htm>
2. TOMS-mérések (NASA) honlapja:  
<http://jwocky.gsfc.nasa.gov/eptoms/dataqual/ozone.html>
3. South Pole Ozone Program (NOAA) honlapja:  
[http://www.esrl.noaa.gov/gmd/dv/spo\\_oz/index.html](http://www.esrl.noaa.gov/gmd/dv/spo_oz/index.html)
4. Tropospheric Emission Monitoring Internet Service (ESA) honlapja:  
<http://www.temis.nl/>

A sztratoszférikus ózonréteg keletkezési és bomlási folyamataival foglalkozott Paul J. Crutzen (1933–), Mario J. Molina (1943–) és F. Sherwood Rowland (1927–), akik már 1974-ben kimutatták, hogy az antropogén tevékenység hatására olyan anyagok kerülnek a légkörbe, melyek az ózonbomlási reakciókat erősítik. Az ózonnal kapcsolatos munkásságukért 1995-ben a kémia tudomány megosztott Nobel-díjában részesültek.

Tekintsük át, hogy milyen vegyületek károsítják a sztratoszférikus ózonréteget, s így milyen folyamatok vezettek az ózonréteg fentiekben részletesen tárgyalt elvékonyodásához!

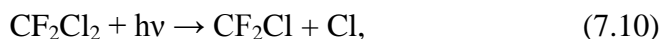


7.4.18. ábra: Az ózoncsökkentő légköri összetevők megoszlása (Forrás: WMO)

A természetben az oxigén és az ózon között lejátszódó **fotodisszociációs** és rekombinációs reakciókat tartalmazó Chapman-mechanizmus nem elegendő a megfigyelések magyarázatára. Az ózonbomlásban több katalizátoranyag is szerepet játszhat, pl. a hidroxilgyök (OH), a nitrogénoxid-gyök (NO) vagy az atomos klór (Cl) és bróm (Br). Az első két szabadgyöknek a természetes forrásokból légkörbe kerülő mennyisége jóval meghaladja az antropogén eredetű mennyiséget, ám a klór- és brómforrások nagy része az emberi tevékenység következtében kerül a légkörbe (7.4.18. ábra). Klór-, illetve brómatomot tartalmaz számos szerves anyag, pl. az ún. CFC-gázok<sup>4</sup>. Ezek a **halogénezett szénhidrogének** a

<sup>4</sup> CFC: chloro-fluoro-carbon, halogénezett szénhidrogén szerves vegyületek, melyek szén-, klór- és fluoratómot tartalmaznak.

troposzférában rendkívül stabil vegyületek, nem mérgezőek, vízben nem oldódnak. A légköri cirkulációs folyamatok hatására a CFC-gázok jól elkeverednek a Földön, s a kibocsátó forrásoktól távolabbi térségekben is megtalálhatók. A kibocsátás után mintegy öt–hét év elteltével a sztratoszférába felkerülve az ultraibolya sugárzás hatására a halogénatom kiválik a szerves molekulából:



s ez katalizátorként számos reakció során képes az ózonmolekula bontására. Ezek közül, a legegyszerűbb esetben, a klóratom az ózonmolekulával reakcióba lépve klóroxidot és oxigénmolekulát hoz létre:

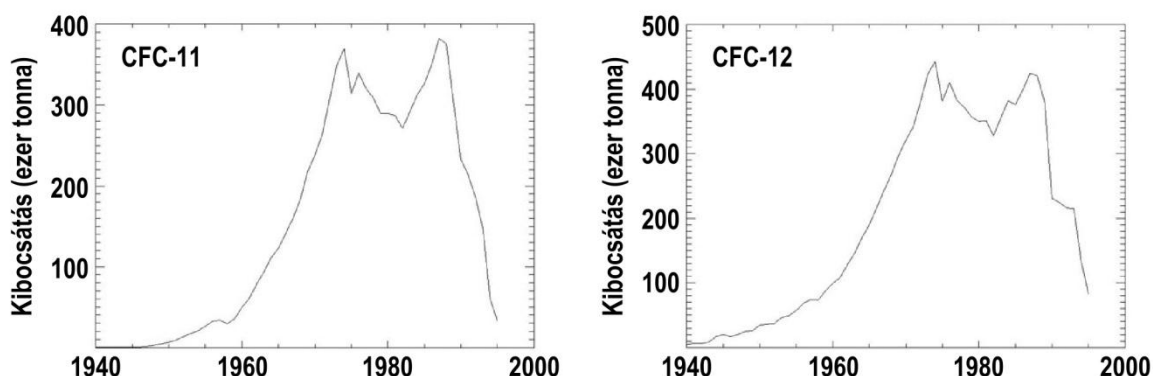


A klóroxidmolekula egy másik ózonmolekula bontására képes, melynek eredményeképpen klóratom és oxigénmolekula keletkezik:

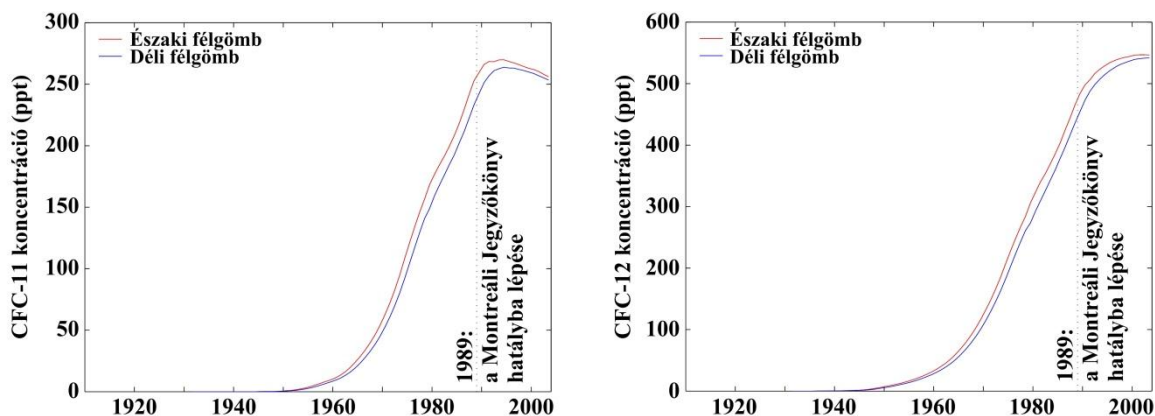


A két reakcióegyenletet tartalmazó láncfolyamat mindegyike az ózonbomlást erősíti, s a végén megjelenő klóratom további ózonbontást indít be. Egyetlen klóratom hatására több ezer ilyen ciklus zajlik le átlagosan mintegy két éven keresztül, amíg végül a klóratom lekerül a sztratoszférából a troposzférába (ott viszonylag hamar sósavvá [HCl] vagy klór-nitráttá [ClONO<sub>2</sub>] alakul). A brómatom még intenzívebben képes az ózonbontásra, ám összességében jóval kevesebb brómot tartalmazó szerves vegyület kerül a légkörbe a klórtartalmú vegyületekhez képest. A fluor és a jód szintén hasonló katalitikus folyamatokban vesznek részt, ám a fluor a földi sztratoszférában gyorsan reagál a vízzel és a metánnal, s így hidrogénfluoridot alkot; a jódot tartalmazó szerves vegyületek pedig olyan gyorsan reakcióba lépnek a légkör alsó részén, hogy alig jut fel belőle a [sztratoszféra](#) magasságába. A Chapman-mechanizmussal ellentétben ezekhez az ózonbontó folyamatokhoz nem társul hasonló intenzitással lezajló ózontermelő folyamat. Egyetlen klóratom mintegy százezer ózonmolekula bomlásában vesz részt!

A halogénezett szénhidrogének nem rendelkeznek természetes forrásokkal, kizárólag az emberi tevékenység hatására jelentek meg a légkörben. A II. világháború után rendkívül széles körű felhasználásuk (pl.: hajtógázként, hűtőgépekben és légkondicionáló berendezésekben hűtőanyagként, az elektronikus iparban tisztítóanyagként, habosító- és szigetelőanyagként) azért terjedt el, mivel a troposzférában nem lépnek kémiai reakcióba és belelegezve nem mérgezőek. Még az 1920-as évek végén Thomas Midgley Jr. (1889–1944) amerikai mérnök és vegyészkutató dolgozta ki a troposzférában előnyös tulajdonságokkal rendelkező CFC-gázok szintetikus ipari előállítási technológiáját. Vizsgálatai során olyan hűtőanyagokat keresett, mely a korábban használt környezetkárosító ammóniát (NH<sub>3</sub>), klorometánt (CH<sub>3</sub>Cl) és kén-dioxidot (SO<sub>2</sub>) felválthatná. Ehhez épp olyan anyagra volt szüksége, amelynek nincs mérgező hatása, kémiai reakcióba nem könnyen vesz részt, s alacsony a forráspontja.

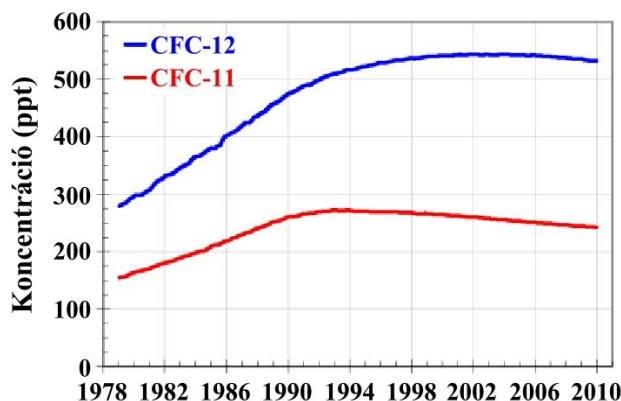


7.4.19. ábra: A két legnagyobb koncentrációjú CFC-gáz kibocsátási tendenciáinak változása 1940–1995 között  
(Forrás: AFEAS, 2000)



7.4.20. ábra: A két legkárosabb CFC-gáz koncentrációjának változása 1931–2003 között  
(Forrás: Walker et al., 2000)

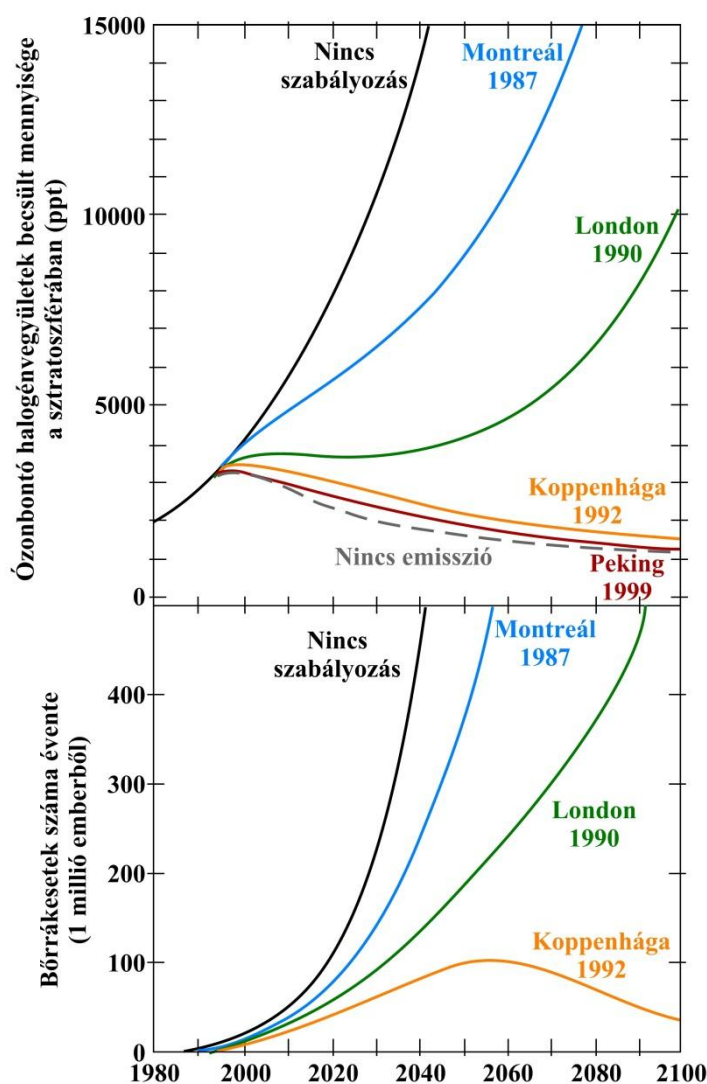
A légkörben jelenleg legnagyobb mennyiségben megtalálható két CFC-gáz a CFC-11 ( $\text{CFCl}_3$ ) és a CFC-12 ( $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ ), melyek 23%-ban, illetve 28%-ban járulnak hozzá az ózonbontáshoz. Antropogén kibocsátásuk változását követhetjük nyomon az 1940-es évektől 1995-ig a 7.4.19. ábrán. Jól látszik, hogy az 1970-es évek közepéig nagyon gyors ütemben nőtt a kibocsátás mindkét komponens esetén. Az 1990-es években viszont jelentős csökkentés történt, az időközben megkötött nemzetközi egyezményeknek köszönhetően. A hosszú (több évtizedes, évszázados) légköri tartózkodási idő miatt a kibocsátás-csökkentés hatása jelentősebb mértékben csak a későbbiek során jelenhet meg. A megfigyelések alapján a CFC-11 koncentrációja egészen az 1990-es évek első feléig folyamatosan nőtt, míg a CFC-12 esetén az évtized végéig növekedést regisztráltak (7.4.20. ábra). A jelenlegi koncentráció a CFC-11 esetén 245 ppt, a CFC-12 esetén 530 ppt (7.4.21. ábra), s mindkét gáz esetén már detektálhatóan megkezdődött a légköri mennyiség csökkenése.



7.4.21. ábra: A két legnagyobb koncentrációjú CFC-gáz koncentrációjának változása 1978–2010 között  
(Forrás: NOAA ESRL)

Elsőként egy 1976-ban készült amerikai tudományos jelentés jelentette ki határozott formában, hogy az ózonrétegben megfigyelhető jelentős csökkenés háttérében az emberi tevékenység áll. Az ózonréteg elvékonyodásának tudományos bizonyítéka arra készítette a kutatókat, hogy az antropogén eredetű ózombontásban részt vevő komponensek felhasználását felülvizsgálják. Néhány országban sikerült meggyőzni a döntéshozókat, hogy önkorlátozásokat vezessenek be. Így például 1978-ban az USA, Kanada, Svédország, Dánia és Norvégia betiltotta a CFC-gázok hajtógázként való alkalmazását dezodorokban és hasonló flakonokban. Az ígéretesen induló kezdeményezés sajnos politikai okok miatt nem vált világszerte általánossá. Az Európai Közösség ekkor még összességében nem fogadta el a CFC-gázok hajtógázként való felhasználásának betiltását, s az USA-ban is megmaradt még évekig a hűtőközegként és elektronikai tisztítóanyagként való felhasználás.

Az Amerikai Környezetvédelmi Hivatal (EPA: Environmental Protection Agency) 1983 után kezdett újra nemzetközi összefogást sürgetni. Ennek eredményeképpen 1985-ben húsz ország részvételével született meg a Bécsi Egyezmény az ózonréteg védelméről. Az aláírók között a legtöbb nagy mennyiségben CFC-t termelő ország szerepelt. Az egyezmény keretében lehetőség nyílt arra, hogy az ózombontó anyagok nemzetközi szabályozásáról folyamatos tárgyalásokat folytassanak. Ugyancsak 1985-ben jelent meg az antarktisi ózonlyuk kialakulásáról szóló tudományos elemzés, mely a nagyközönség körében is nagy figyelmet keltett e probléma iránt. Konkrét nemzetközi kötelezettségeket elsőként az 1987-ben aláírt Montreáli Jegyzőkönyv fogalmazott meg. Ennek megfelelően az aláíró országok vállalták, hogy a legkárosabb CFC-k (a CFC-11, azaz  $\text{CFCl}_3$ ; a CFC-12, azaz  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ ; a CFC-113, azaz  $\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}_3$ ; a CFC-114, azaz  $\text{C}_2\text{F}_4\text{Cl}_2$ ; a CFC-115, azaz  $\text{C}_2\text{F}_5\text{Cl}$ ) felhasználását az 1986-os szinten befygyasztják, majd 50%-kal csökkentik 1999-re. A jegyzőkönyvhöz az országok nagy része csatlakozott, így jelenleg 196 támogató országot tartanak nyilván. Az 1989-es életbe lépése óta hét módosítást végeztek: 1990 (London), 1991 (Nairobi), 1992 (Koppenhága), 1993 (Bangkok), 1995 (Bécs), 1997 (Montreál), 1999 (Peking). A legelső szigorításra mindjárt 1990-ben, Londonban került sor, amikor abban állapodtak meg, hogy a legveszélyesebb CFC-k kibocsátását a fejlett országokban (mely összesen 45 országot jelent) teljesen leállítják 2000-re, a többi országban ugyanezt 2010-re állították be. 1992-ben Koppenhágában a teljes kivonás időpontját a fejlett országok esetén 1996-ra előrébb hozták. A további módosítások az engedélyezett, szükségesnek ítélt felhasználások körét szűkítették, illetve további ózombontó vegyületeket vontak szabályozás alá.

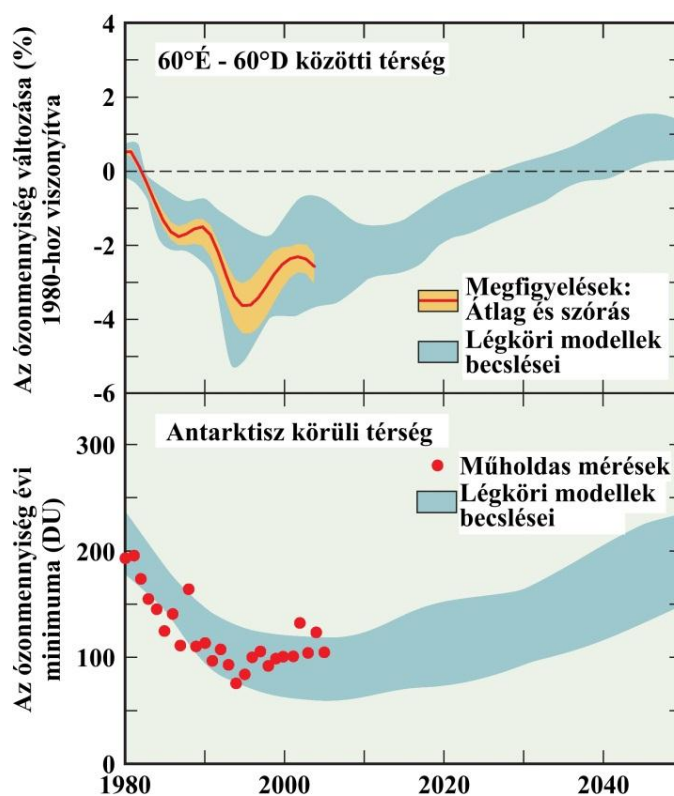


7.4.22. ábra: Az ózontontó komponensek légköri mennyiségének becsült trendjei és az ehhez kapcsolódóan várható bőrrákos megbetegedések becsült alakulása a nemzetközi egyezmények hatására, 1980–2100. (Forrás: WMO/UNEP, 2006)

Modellszimulációk felhasználásával becsléseket készítettek az ózontontó légköri anyagok várható alakulására, mely a 7.4.22. ábrán látható. Ha egyáltalán nem kezdődött volna nemzetközi összefogás (ezt jelzi a grafikon fekete görbéje), s az ózontontó vegyületek kibocsátása folyamatosan a korábbi mértékben (évente mintegy 3%-kal) növekedett volna, a XXI. század közepére a sztratoszférában csaknem tízszeresére nőtt volna az ózontontásban részt vevő vegyületek mennyisége az 1980-as szinthez képest. Ilyen nagymértékű növekedés azt eredményezte volna, hogy a földfelszínre leérkező ultraibolyás sugárzás is óriási mértékben megnövekszik, s ezáltal jelentősen emelkedik a bőrrákos megbetegedések száma (7.4.22. ábrán az alsó grafikon). A Montreali Egyezmény önmagában csak valamelyest lassította volna ezt a folyamatot, s néhány évtizeddel később jelentkeztek volna a káros következmények. A szigorításokra és módosításokra azért volt szükség, hogy az ózontontó anyagok mennyisége kifejezetten csökkenjen, s így a sztratoszférikus ózonréteg az ózonlyuk megjelenése előtti állapotba visszakerülhessen. Az 1992-ben Koppenhágában

hozott módosító döntések már ebbe az irányba hatottak. A grafikonon a szürke szaggatott görbe jelöli azt, hogy hogyan alakulna az ózontontó vegyületek sztratoszférikus mennyisége, amennyiben 2007-ben teljesen megszűnt volna az antropogén kibocsátásuk. Láthatjuk, hogy a Pekingben történt további megállapodások ezt elég jól közelítik.

A CFC-gázokat eleinte az ún. HCFC<sup>5</sup> anyagokkal helyettesítették (főleg hűtőgépekben, illetve elektronikai tisztítóanyagként), ezek szintén ózontontó hatást fejtenek ki, de sokkal kisebb mértékben, mint a CFC-gázok. A CFC-ktől abban különböznek, hogy hidrogénatomot is tartalmaznak, ezáltal már a troposzférában reakcióba lépnek más anyagokkal, s a sztratoszférába jóval kisebb mértékben kerülnek be. Például a CFC-12 helyettesítésére használt HCFC-k ózontontó képessége 88–98%-kal kisebb, mint magáé a CFC-12 gázé. Néhány esetben a CFC-k kiváltása már ún. HFC<sup>6</sup> anyagokkal történt meg, melyek az ózon szempontjából ideálisak, hiszen nem tartalmaznak halogén atomot, így az ózonréteg bontásában sem vesznek részt. A legelterjedtebb HFC vegyület a HFC-134a jelű (képlete: CH<sub>2</sub>FCF<sub>3</sub>), melyet az USA-ban a CFC-12 kiváltására használtak az autók légkondicionáló berendezéseiben. Ugyan az ózontontás szempontjából kedvezőbb tulajdonságú, akár a HCFC, akár a HFC, mint a CFC-gázok, ám az üvegházhatás szempontjából mindkét helyettesítő anyag nagyobb [globális melegítő potenciál](#)al rendelkezik.



7.4.23. ábra: A sztratoszférikus ózonréteg várható helyreállítási folyamata modelleredmények alapján, 1980–2050. (Forrás: WMO/UNEP, 2006)

<sup>5</sup> HCFC: hidro-chloro-fluoro-carbon, hidro-kloro-fluoro-karbon szerves vegyületek, melyek hidrogén-, szén-, klór- és fluoratomot tartalmaznak.

<sup>6</sup> HFC: hidro-fluoro-carbon, hidro-fluoro-karbon szerves vegyületek, melyek hidrogén-, szén- és fluoratomot tartalmaznak.



A sztratoszférikus ózonréteg védelmében hozott nemzetközi egyezmények, összehangolt intézkedések eredményeképpen jó eséllyel számíthatunk arra, hogy az ózonszint csökkenése előtt világszerte jellemző, magas légköri ózommennyiség visszaállítható a jövőben. Légköri modellszimulációk felhasználásával több becslést is készítettek ennek várható menetére, melyeket a 7.4.23. ábrán foglalhatunk össze. Feltételezve, hogy az országok rendszerben teljesítik az egyezményekben vállalt CFC-kibocsátás-csökkentést, illetve -leállítását, a mérsékelt és a trópusi övben már a XXI. század közepe előtt helyreállhat a sztratoszférikus ózommennyiség az 1980-as évek előtti szintre (felső grafikon). A Déli-sark körzetében az ózonlyuk megszűnésére 10-15 évvel később számíthatunk a közepes szélességek ózonrétegének visszaállításához viszonyítva. Ennek oka, hogy az Antarktisz körüli erős magaslégtörési áramlás miatt a légköri anyagok tartózkodási ideje valamelyest hosszabb, s így az ózontörő hatásuk is tovább érvényesül, mint az alacsonyabb szélességek esetén. Egyes modellek becslései már a század közepére az ózonlyuk megszűnését jelzik, de vannak olyan modellszimulációk is, melyek ezt csupán a 2060–2070 közötti időszakra teszik (alsó grafikon). A szimulációk előrejelzései módosulhatnak, ha figyelembe vesszük a globális felmelegedés hatását, vagy ha olyan hatalmas vulkánkitörés következik be, melynek során a felső légkörbe kerülő szulfát- és egyéb részecskék a sztratoszféra hőmérsékletét jelentősen csökkentik, s így a globális ózommennyiség is csökken. Ezen bizonytalanságok miatt az ózontörő vegyületek légköri mennyiségében várható csökkenést nem feltétlenül követi azonnal az ózonréteg helyreállítódása a modellszimulációk által sugallt várakozások szerinti menetben.

### 7.5. Az üvegházhatású gázok antropogén kibocsátásnövekedése

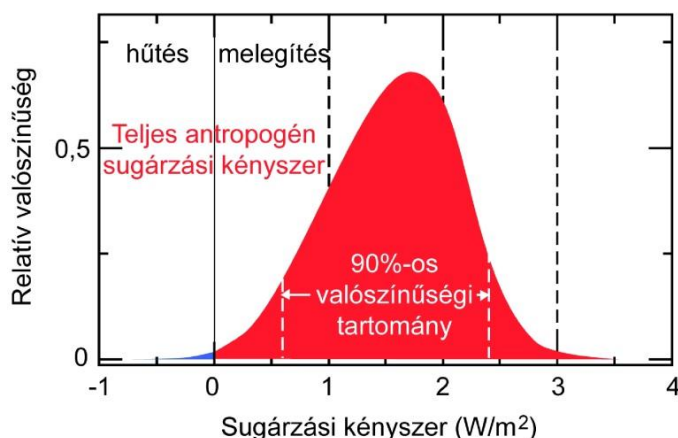
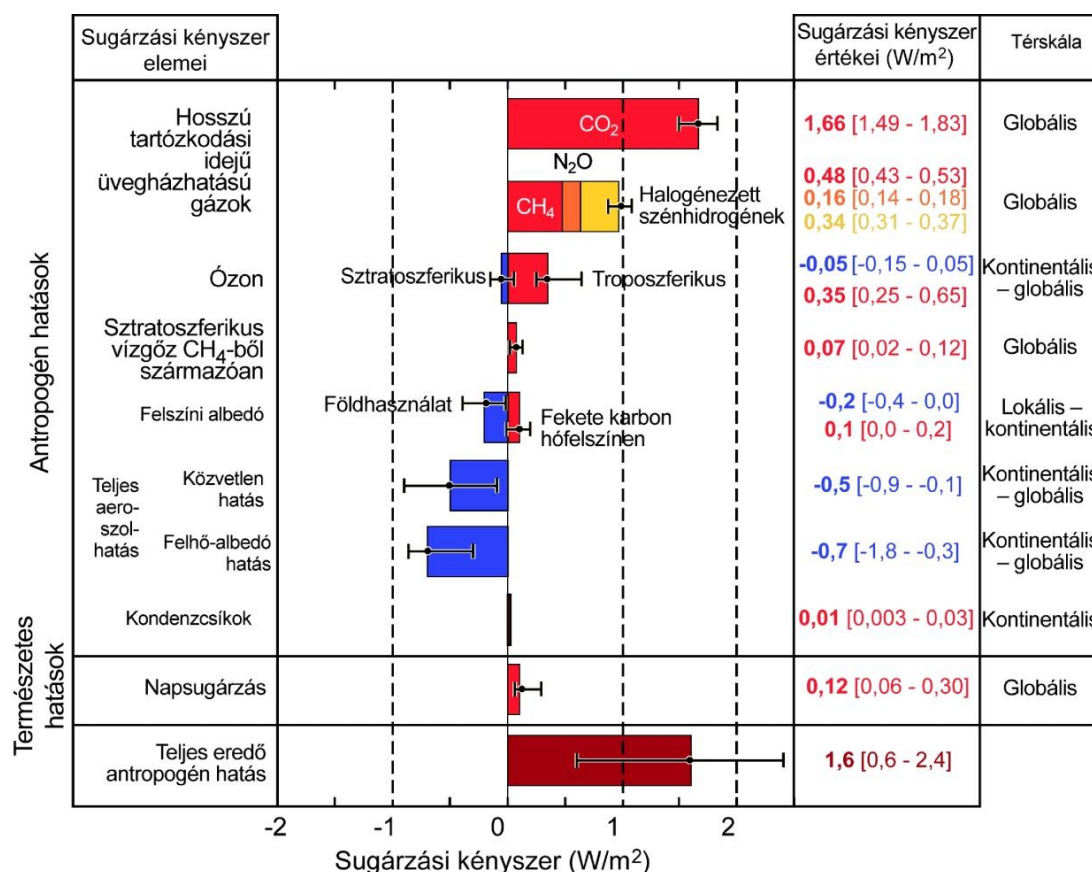
Az üvegházhatás a légköri komponensek szelektív sugárzáselnyeléséből adódik. Vannak olyan légköri alkotóelemek, melyek a bejövő rövidhullámú napsugárzást átengedik, ám a földfelszín felől érkező hosszuhullámú (infravörös) sugárzást elnyelik. A Napból érkező sugárzás 96%-a a 200–2500 nm hullámhossztartományba esik, ennek csaknem a fele a földfelszínre eljutva elnyelődik. A felszín hőmérsékletének megfelelően az [infravörös hullámhossztartomány](#)ban kisugároz. Ezt a hőmérsékleti sugárzást a légkörben található ún. üvegházhatású gázok elnyelik, majd a saját hőmérsékletüknek megfelelően a világűr és a felszín felé egyaránt újra kisugározzák. Végeredményképpen a világűr felé a Föld-légkör-rendszert elhagyó sugárzás arra utal, hogy a globális átlaghőmérséklet  $-18\text{ °C}$  a Földön. Ehhez képest mintegy  $33\text{ °C}$ -kal magasabb a felszín közeli, megfigyelt átlaghőmérséklet. Ez a hőmérséklet-különbség a fenti üvegházhatással magyarázható. A földi üvegházhatás legnagyobb hányadát (62%-ban) a légköri vízgőz ( $\text{H}_2\text{O}$ ) okozza, mely átlagosan mintegy  $20,6\text{ °C}$ -os hőmérséklettöbbletet jelent. A második legnagyobb hozzájárulást (mintegy  $7,2\text{ °C}$ -ot) a légkörben található szén-dioxid ( $\text{CO}_2$ ) adja. További üvegházhatású gázok az ózon ( $\text{O}_3$ ), a dinitrogén-oxid ( $\text{N}_2\text{O}$ ) és a metán ( $\text{CH}_4$ ), melyek rendre  $2,4\text{ °C}$ -kal,  $1,4\text{ °C}$ -kal és  $0,8\text{ °C}$ -kal járulnak hozzá a globális üvegházhatáshoz. A CFC-k, HCFC-k, HFC-k és PFC<sup>1</sup>-k kisebb légköri mennyiségük miatt ennél kisebb mértékben (összességében mintegy  $0,6\text{ °C}$ -kal) járulnak hozzá a földi üvegházhatáshoz. Ha egyetlen molekulára évszázados időskálán tekintjük a globális melegítő potenciált, akkor a szén-dioxidhoz képest a metán 25-szörös, a dinitrogén-oxid 298-szoros, a CFC-k, HCFC-k, HFC-k és PFC-k általában több ezerszeres, több tízezerszeres hatással rendelkeznek (7.4. táblázat).

<sup>1</sup> HFC: per-fluoro-carbon, perfluoro-karbon szerves vegyületek, melyek csak szén- és fluoratómot tartalmaznak.

Üvegházhatású gáz	Globális melegítőpotenciál	Légköri tartózkodási idő
CO <sub>2</sub>	1	Változó
CH <sub>4</sub>	25	12 év
N <sub>2</sub> O	298	114 év
CFC-11 (CCl <sub>3</sub> F)	4750	45 év
CFC-12 (CCL <sub>2</sub> F <sub>2</sub> )	10900	100 év
CFC-113 (CCl <sub>2</sub> FCClF <sub>2</sub> )	6130	85 év
HCFC-22 (CHClF <sub>2</sub> )	1810	12 év
HCFC-141b (CH <sub>3</sub> CCl <sub>2</sub> F)	725	9,3 év
HCFC-142b (CH <sub>3</sub> CClF <sub>2</sub> )	2310	17,9 év
HFC-23 (CHF <sub>3</sub> )	14800	270 év
HFC-125 (CHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub> )	3500	29 év
HFC-134a (CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub> )	1430	14 év
HFC-152a (CH <sub>3</sub> CHF <sub>2</sub> )	124	1,4 év
PFC-14 (CF <sub>4</sub> )	7390	50 000 év
PFC-116 (C <sub>2</sub> F <sub>6</sub> )	12200	10 000 év
SF <sub>6</sub>	22800	3200 év

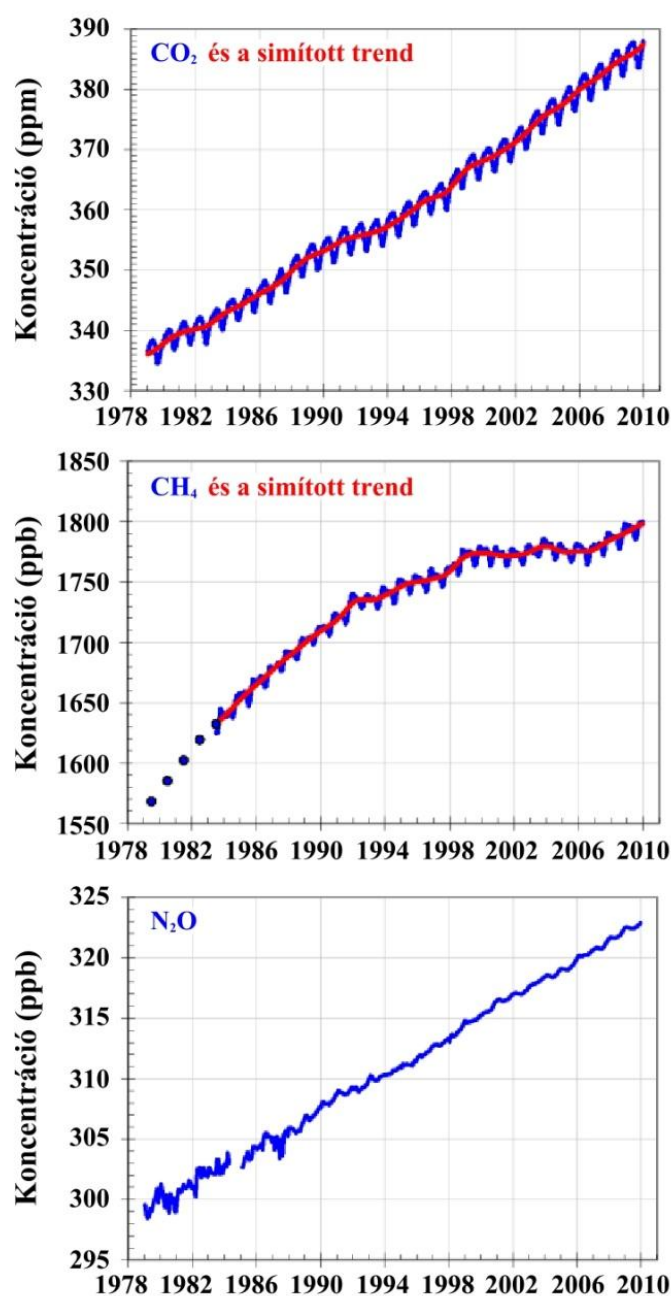
7.4. táblázat: Néhány antropogén üvegházhatású gáz globális melegítőpotenciálja és tartózkodási ideje  
(Forrás: IPCC, 2007)

Az ipari forradalom óta egyre fokozódó emberi tevékenység hatására az üvegházhatású gázok légköri mennyisége jelentősen megnövekedett, s ez napjainkra már a sugárzási egyenlegben is érzékelhető mértékben megjelent (7.5.1. ábra). A szén-dioxid koncentrációnövekedése az elmúlt két és fél évszázad alatt mintegy 1,5–1,8 W/m<sup>2</sup> sugárzásikényszer-növekedést eredményezett, a metáné 0,43–0,53 W/m<sup>2</sup>-t, a dinitrogén-oxidé 0,14–0,18 W/m<sup>2</sup>-t, a troposzférikus ózonné 0,25–0,65 W/m<sup>2</sup>-t (a sztratoszférikus ózon csökkenése ezzel ellentétesen átlagosan 0,05 W/m<sup>2</sup> sugárzásikényszer-csökkenést jelent). A becslések szerint a halogén atomokat tartalmazó szerves vegyületek (a CFC-k, a HCFC-k, a HFC-k és a PFC-k) antropogén kibocsátása miatt együttesen mintegy 0,31–0,37 W/m<sup>2</sup> sugárzásikényszer-növekedést tapasztalhatunk.



7.5.1. ábra: A globális sugárzási kényszer megváltozása, 1750–2005. (Forrás: IPCC, 2007)

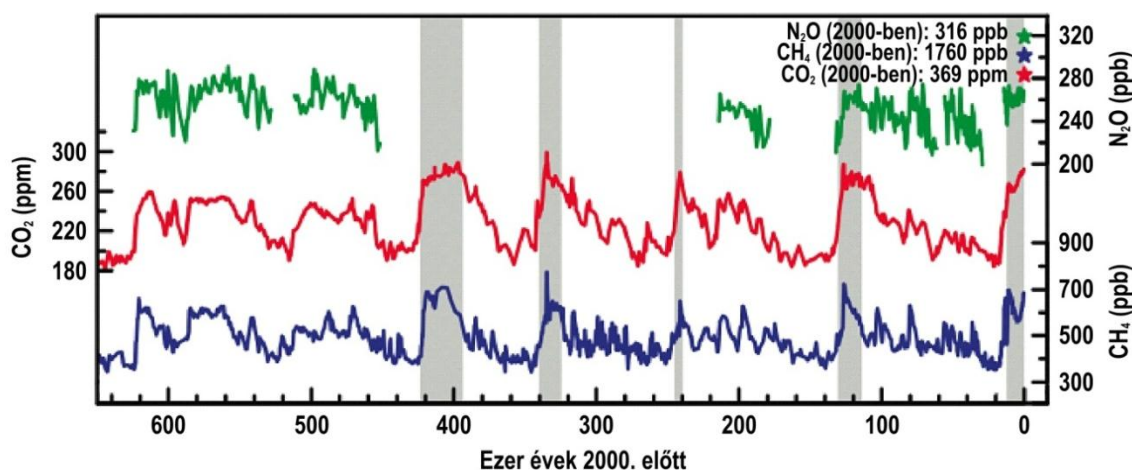
Ha összehasonlítjuk a legfontosabb üvegházgázok koncentrációinak a jelenlegi és az iparosodási folyamatot megelőző értékeit, a légköri koncentráció növekedésének ténye vitathatatlan. A szén-dioxid légköri koncentrációja 280 ppm-ről 2010-re 389 ppm-re növekedett az ipari forradalom kezdete óta, a metáné 715 ppb-ről mintegy 1800 ppb-re, a dinitrogén-oxidé pedig 270 ppb-ről 323 ppb-re (7.5.2. ábra). Ha az ipari forradalmat megelőző évezredek (tízezer év) során bekövetkezett változásokat is elemezzük, a fenti koncentráció-növekedésekhez képest csak minimális ingadozás figyelhető meg mindhárom gáz esetén.



7.5.2. ábra: A szén-dioxid, a metán és a dinitrogén-oxid koncentrációnövekedése, 1978–2010. (Forrás: NOAA ESRL, 2011)

Az antarktisi jégfuratok alapján több százezer évre visszamenőleg is rekonstruálhatjuk e három gáz légköri mennyiségének alakulását. A 7.5.3. ábrán a piros görbe a szén-dioxid koncentrációjának múltbeli változásait mutatja, a kék görbe a metánét, a zöld görbe pedig a dinitrogén-oxidét. A grafikonon berajzolt szürke sávok a Föld pályaelemeinek változása miatt bekövetkezett glaciális-interglaciális periódusok felmelegedési (interglaciális) szakaszait jelölik. Jól látható, hogy e melegebb időszakokban mindhárom üvegházhatású gáz koncentrációja a korábbi időszakhoz képest jelentősen megnövekedett. A görbékhez viszonyítva jóval magasabban helyezkednek el a grafikonon a színes csillagok, melyek a gázok XX. század végi globális koncentrációértékeit jelölik. Az idősorokat elemezve egy-

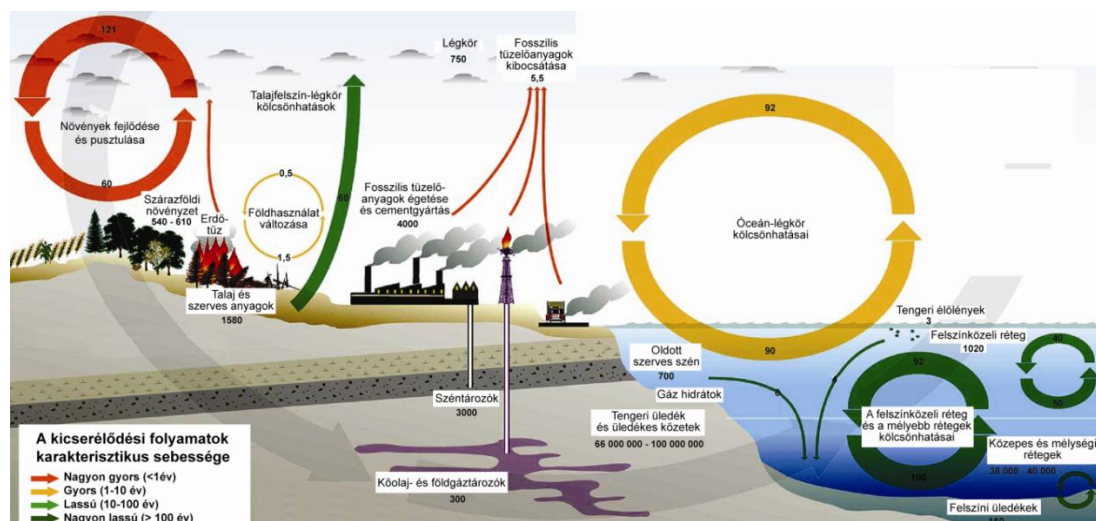
értelműen megállapítható, hogy a jelenlegi koncentrációértékek rendkívül magasak, hiszen a rendelkezésre álló antarktisi jégfuratminta vizsgálata alapján az elmúlt hat és fél évszázad alatt egyik üvegházhatású gáz légköri koncentrációja sem közelítette meg a mai értéket. A hihetetlenül gyors koncentrációváltozás szintén aggodalomra adhat okot, mivel az üvegházhatás ilyen mértékű erősödésére a hosszú évezredek során korábban még nem volt példa. Kérdés, hogy ehhez a – földtörténeti léptékkal mérve hirtelen – változáshoz a bioszféra, s azon belül is az emberiség hogyan tud alkalmazkodni.



7.5.3. ábra: A szén-dioxid, a metán és a dinitrogén-oxid légköri mennyiségének alakulása 650 ezer évre visszamenőleg az antarktisi jégfuratminták alapján (Forrás: IPCC, 2007)

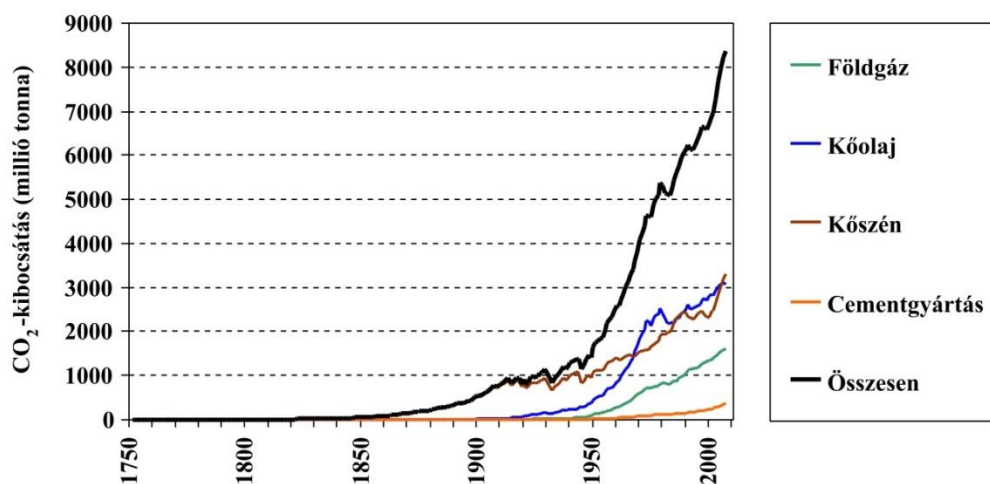
Az alábbiakban áttekintjük, hogy az üvegházhatású gázok milyen antropogén forrásokból kerülnek a légkörbe, s a kibocsátás hogy alakult az elmúlt évtizedekben.

A legjelentősebb antropogén üvegházhatást a szén-dioxid eredményezi. A globális szén ciklust a 7.5.4. ábra mutatja be. A nyilak vastagsága a folyamatokban részt vevő szén mennyiségével arányos, a nyilak színezése pedig a kapcsolódó folyamatok karakterisztikus idejét jelzi. Jól látható, hogy az antropogén tevékenységekhez kapcsolódó légkörbe kerülés (a fosszilis tüzelőanyagok felhasználása, a cementgyártás, valamint a mezőgazdasági művelés miatti földhasználat-változás) csupán kis mennyiséget jelent, ám ez viszonylag rövid időtartamon belül történik. A természetes ciklusban a légköri szén-dioxid legfontosabb forrásai: az óceán, a széntartalmú szerves anyagok bomlása, az élőlények légzése, az erdőtüzek és a vulkáni tevékenység. A földtörténet során kialakult légköri egyensúly fenntartása érdekében a légkörből való kikerülést a zöld növények fotoszintézise és az óceán elnyelési folyamatai biztosítják.



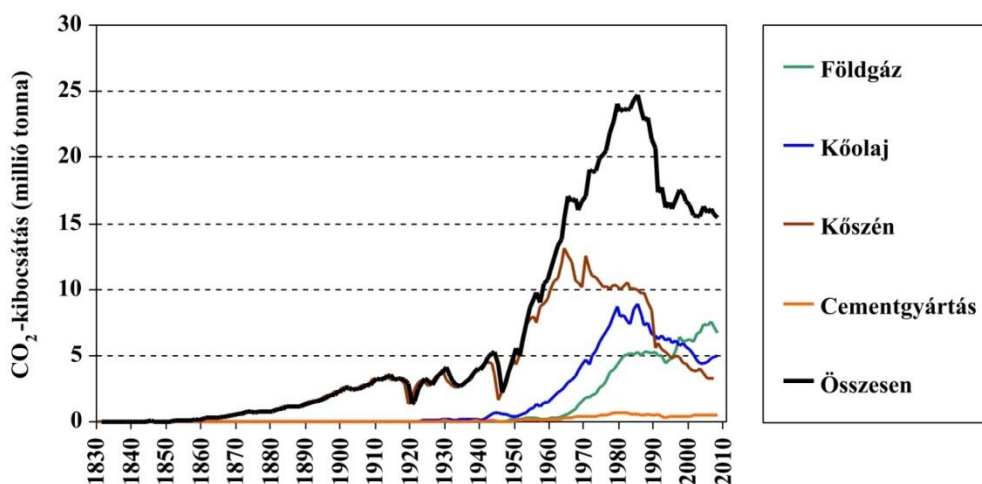
7.5.4. ábra: A globális szén ciklus (Forrás: UNEP/GRID)

Az antropogén szén-dioxid-kibocsátás nagy része az ipari tevékenységhez, pontosabban a fosszilis energiahordozók felhasználásához (égetéséhez) köthető. Az ennek következtében történt szén-dioxid-kibocsátás alakulását követhetjük nyomon a 7.5.5. ábrán az elmúlt két évszázadra vonatkozóan. A globális emisszió az ipari forradalom kezdetén és még jó néhány évtizeden keresztül szinte kizárólag a kőszén felhasználásából adódott. Csak a II. világháború után növekedett meg a kőolaj, majd a földgáz energiahordozóként való alkalmazása miatti szén-dioxid-kibocsátás. Napjainkra a kőszén, a kőolaj és a földgáz felhasználásából ered rendre a kibocsátott antropogén eredetű szén-dioxid 39%-a, 37%-a, illetve 19%-a. A cementgyártás csupán néhány százalékos részarányt képvisel az emberi tevékenységekből származó, légkörbe kerülő szén-dioxid-mennyiségből. A teljes antropogén kibocsátás rendkívül gyors ütemben növekedett az elmúlt 200 évben: 1850 és 1900 között megtízszereződött, a XX. század elejétől a közepéig 205%-kal nőtt, s a század közepétől a végéig mintegy 313%-kal nőtt a légkörbe kerülő szén-dioxid mennyisége. Az utóbbi néhány évben átlagosan évente 3%-os növekedés volt jellemző.



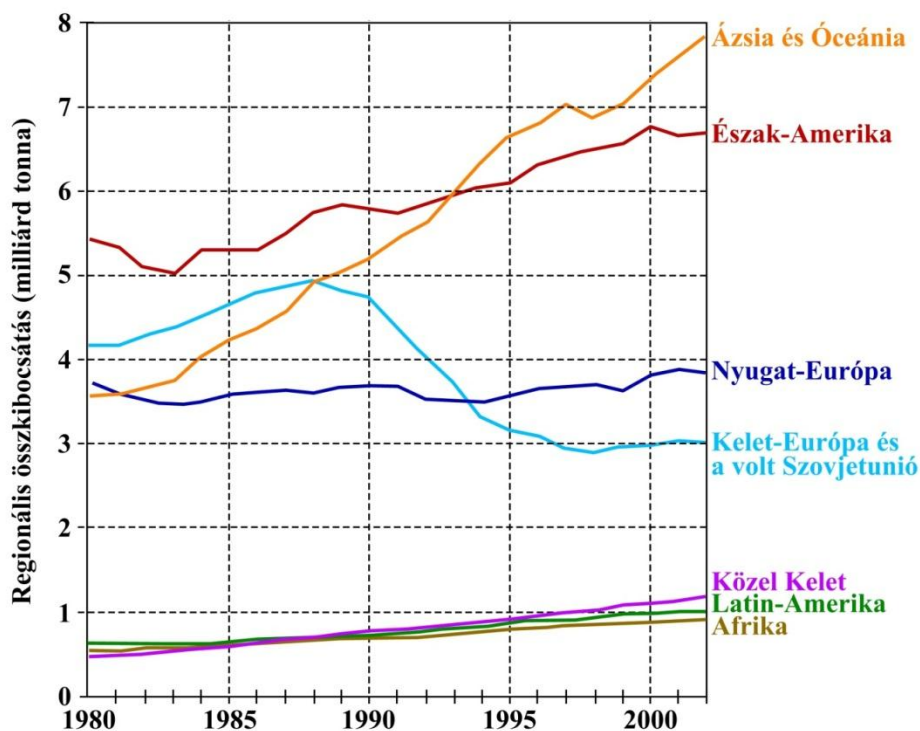
7.5.5. ábra: A globális fosszilis szénkibocsátás összetevői, 1750–2007. (Forrás: Boden et al., 2010)

Magyarországon a kibocsátás összetevőit a 7.5.6. ábra illusztrálja. A kőszénfelhasználás hozzájárulása az 1980-as évek második felében néhány év alatt mintegy a felére esett vissza (melynek oka a rendszerváltáshoz köthető), s az 1990-es évek elején már a kőolaj, illetve pár év múlva a földgáz égetéséből eredt a hazai emisszió legnagyobb része. A 2007-es adatok alapján a földgáz felhasználásából származik a szén-dioxid-kibocsátás 43%-a, a kőolaj és a kőszén felhasználása pedig rendre 32%-ban, illetve 21%-ban járul hozzá a teljes emisszióhoz. A cementgyártás hozzájárulása sosem volt jelentős mértékű, napjainkban sem haladja meg a néhány százalékot.



7.5.6. ábra: A fosszilis szénkibocsátás összetevői Magyarországon, 1830–2007.  
(Forrás: Boden et al., 2010)

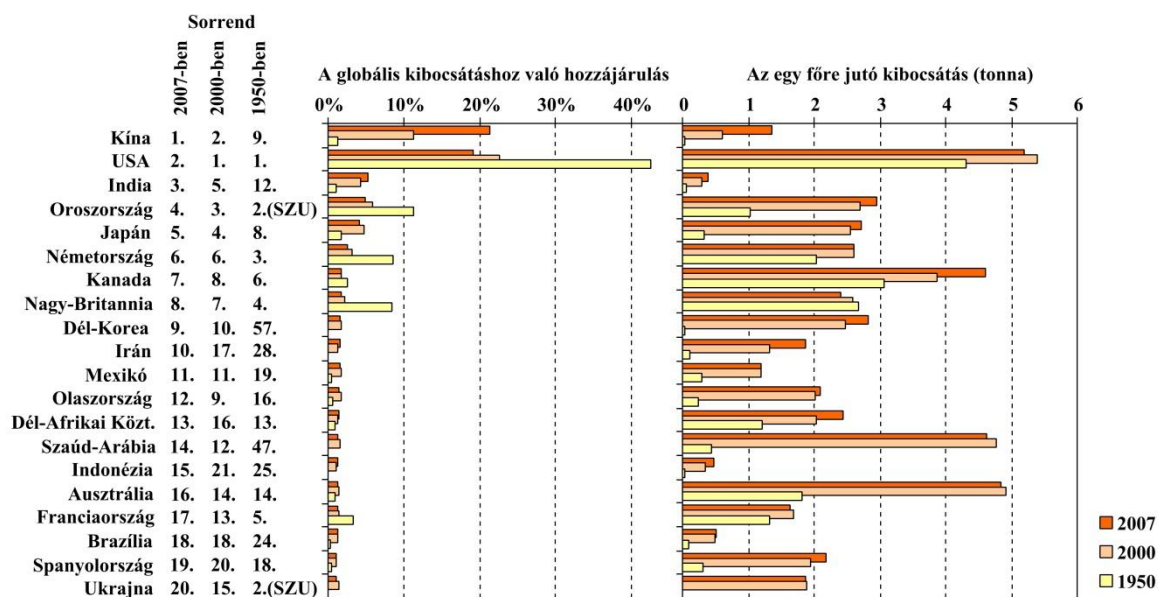
Az utóbbi két évtizedben a fosszilis tüzelőanyagok felhasználásából származó regionális szén-dioxid-kibocsátás alakulását láthatjuk a 7.5.7. ábrán. Az elmúlt húsz évben ugyan megkétszereződött Afrika, Dél-Amerika és a Közel-Kelet kibocsátása, de ezek a térségek összességében csak minimális mértékben járultak hozzá a globális emisszióhoz. Jelentős a hozzájárulása Nyugat- és Kelet-Európának, Észak-Amerikának, valamint Ázsiának, de a különböző térségek kibocsátásának trendje eltérő. Nyugat-Európa országaiban nem történt számottevő változás. Kelet-Európa országaiban és a volt Szovjetunió térségében (vagyis a volt szocialista országokban) a rendszerváltás hatására bekövetkező gazdasági visszaesés következtében a szén-dioxid-kibocsátás jelentősen csökkent. Észak-Amerikában az eleve nagymértékű kibocsátás jelentősen megnövekedett. Összességében hatalmas növekedést figyelhetünk meg Ázsiában és a Csendes-óceán térségében: az ázsiai és óceániai országoknak az energiafelhasználásból eredő szén-dioxid-kibocsátása több mint kétszeresére nőtt 1980 és 2002 között, s napjainkban az évi emisszió legnagyobb hányada ebből a régióból származik!



7.5.7. ábra: A fosszilis energiahordozók felhasználásából származó regionális CO<sub>2</sub>-kibocsátás alakulása, 1980–2001. (Forrás: EIA, 2002)

A legtöbb szén-dioxidot kibocsátó országok listáját a 7.5.8. ábra tartalmazza. 1950-ben és 2000-ben is az Amerikai Egyesült Államok (USA) volt a felelős a teljes antropogén kibocsátás legnagyobb hányadáért. Az eltelt 50 év alatt az USA részaránya 44%-ról 25%-ra csökkent, ám az egy főre jutó évi kibocsátás növekedett, napjainkban már meghaladja az évi 5 tonnát. Jelentős még az egy főre jutó szén-dioxid-kibocsátás Ausztráliában, Szaúd-Arábiában és Kanadában. Magyarország az egy főre jutó kibocsátásban az első harmadban helyezkedik el az országok listáján, a globális átlagértéket (1,25 t/év) kismértékben meghaladó kibocsátási értékkel (1,53 t/év). Kína 2000-ben még a második legnagyobb kibocsátó volt (részaránya mintegy 12%-os), de az egy főre jutó kibocsátása nem érte el az évi 1 tonnát, vagyis jóval kisebb volt, mint a fejlett országok többségéé. Az elmúlt néhány évben Kína összkibocsátása már megelőzte az USA-ét, így 2007-ben Kína a globális szén-dioxid-kibocsátás 21%-áért, míg az USA már csak 19%-áért volt felelős. Az óriási mértékű gazdasági fejlesztések hatására Kína egy főre jutó évi kibocsátása is jelentősen megnőtt az elmúlt évtized során: 2007-ben már 1,35 tonna volt, mely a globális átlagnál nagyobb érték! Az első húsz ország között hét európai található, de ezek legtöbbje jelentősen hátrébb került a listán 1950 és 2007 között. Magyarország hozzájárulása a globális kibocsátáshoz sem 1950-ben, sem 2000-ben nem érte el az 1%-ot: a század közepén 0,31% volt, a századvégkor 0,23%, s 2007-ben már csupán 0,18% (mellyel az országok hozzájárulási sorrendjében az 55. helyet foglalja el).





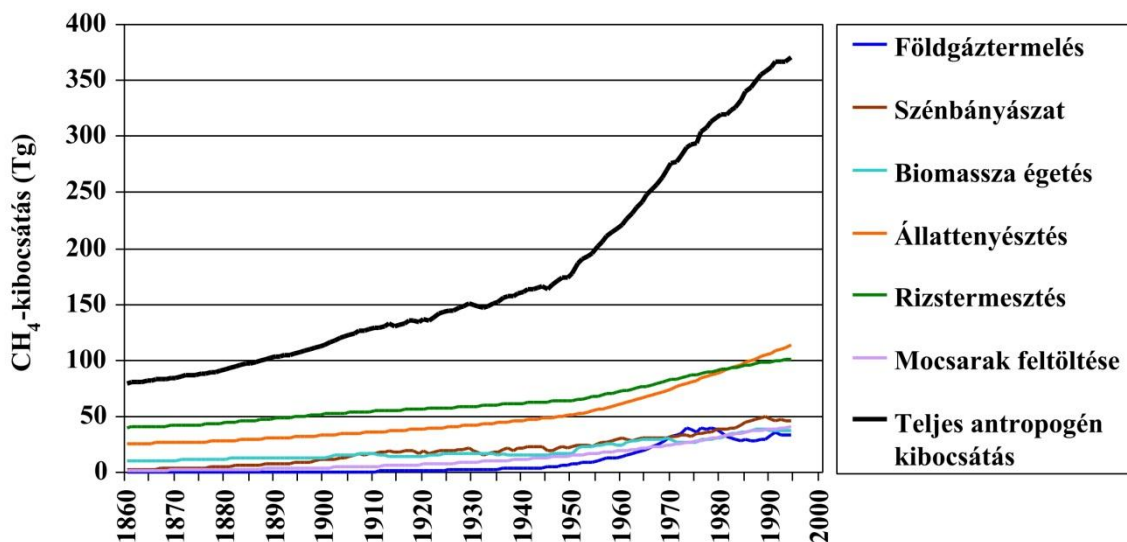
7.5.8. ábra: A szén-dioxid kibocsátásáért felelős első húsz ország sorrendje 1950-ben, 2000-ben és 2007-ben (Forrás: CDIAC, 2003)

A légköri metán természetes forrását elsősorban a szerves anyagok oxigénmentes környezetben történő bomlási folyamatai adják, melyek például a mocsaras területeken is lejátszódnak. A légkörből való kikerülést különböző légköri reakciók és talajbaktériumok biztosítják. Az emberi tevékenységek közül elsősorban a mezőgazdasági termelés során kerül metán a légkörbe, például a rizstermesztés (7.5.9. ábra) és a szarvasmarha-tenyésztés következtében. További antropogén forrás még a biomassza égetése, a fa fűtőanyagként való ipari felhasználása, valamint a kőszén- és földgázbányászat.



7.5.9. ábra: Elárasztott rizsföld, mely a légköri metán egyik jelentős antropogén forrása (Fotó: Pongrácz Rita)

A 7.5.10. ábra görbéi segítségével követhetjük nyomon 1860-tól napjainkig a metán antropogén eredetű forrásokból történő kibocsátását. A bemutatott 135 év alatt a teljes kibocsátás több mint négyszeresére nőtt. A rizstermesztésből és a szarvasmarhatenyésztésből származó metánemisszió pedig rendre 151%-kal, illetve 342%-kal növekedett. E két legnagyobb hányadot kitevő antropogén forrás manapság 27%-ban, illetve 30%-ban járul hozzá a teljes metánkibocsátáshoz.



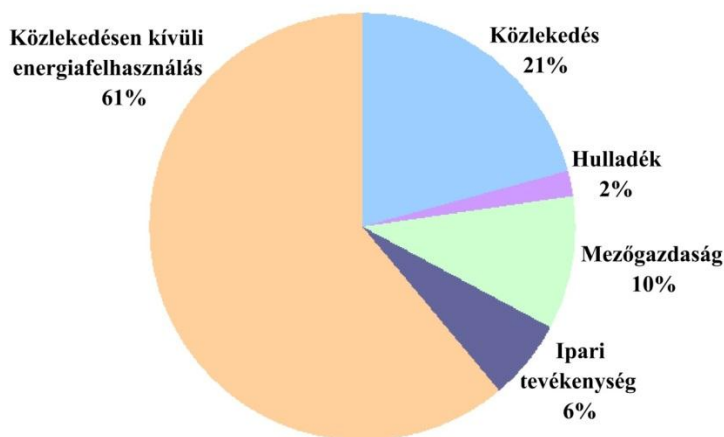
7.5.10. ábra: A globális antropogén metánkibocsátás összetevői, 1860–1994.  
(Forrás: Stern és Kaufmann, 1997)

A dinitrogén-oxidok döntő hányada természetes vagy antropogén háttérű biológiai forrásokból származik, s a denitrifikáció során a talaj hasznosuló nitrátjainak redukációjából ered, mely anaerob baktériumok hatására megy végbe. A nedves trópusi és mérsékelt övi talajok évente rendre 2,7–5,7 Tg, illetve 0,6–4,0 Tg mennyiséget bocsátanak ki. Az óceánok évente 1,0–5,7 Tg-mal járulnak hozzá a teljes mennyiséghez, a légköri ammónia oxidációja során pedig évi 0,3–1,2 Tg keletkezik. Az antropogén források elsősorban a mezőgazdasági tevékenységhez kapcsolódnak: a mezőgazdasági talajok kibocsátása évi 0,6–14,8 Tg-ot jelent, az állattenyésztésé pedig évente 0,2–3,1 Tg-ot. Kisebb mértékben ipari források (0,7–1,8 TgN/év) és a biomassza égetése (0,2–1,0 TgN/év) is hozzájárul a dinitrogén-oxid teljes emissziójához. A légkörből való kikerülés különféle légköri reakciók és a fotodisszociáció révén történik, melyek elsősorban a sztratoszférában játszódnak le. A becslések szerint évente átlagosan 16,4 TgN származik a forrásokból, s a sztratoszférában évi 12,6 TgN lép ki a légkörből. A légköri mérleg évente +3,8 TgN, vagyis minden egyes évben átlagosan ennyivel több anyag kerül a légkörbe, mely mára már számottevő koncentrációnövekedést eredményezett a légkörben.

A halogén tartalmú vegyületekről és az ózonnról már a korábbiakban szó volt, ezért itt nem részletezzük külön ezek forrásait, kibocsátási tendenciáit.

Az üvegházhatású gázok jelenlegi globális antropogén kibocsátását összesítve, 25,9%-ért az energiafelhasználás a felelős, 19,4%-ért az ipari tevékenységek, 17,4%-ért az erdőirtások, 13,5%-ért a mezőgazdaság, 13,1%-ért a közlekedés és szállítás, 7,9%-ért a háztartások és a kereskedelmi épületek, s 2,8%-ért a hulladék, illetve a szennyvíz. Az Európai

Unió országainak 2003-as adatokon alapuló összkibocsátását tekintve a fenti arányok a következőképpen alakulnak: az üvegházhatású gázok 61%-a az energiafelhasználásból származik, 21% a közlekedésből, 10% a mezőgazdaságból, 6% az ipari tevékenységekből, továbbá 2% a hulladékkal kapcsolatos (7.5.11. ábra).



7.5.11. ábra: Az antropogén üvegházhatás összetevői az Európai Unióban, 2005  
(Forrás: Európai Bizottság, 2007)

Az elmúlt évtizedek mérései alapján meghatározott átlaghőmérsékleti idősor éghajlati modellekkel történő szimulációi segíthetnek annak eldöntésében, hogy milyen mértékben tehető felelőssé az emberi tevékenység a melegedő éghajlati tendenciáért. A 7.5.12. ábrán szereplő globális és kontinentális grafikonokon a kék sáv jelöli az emberi tevékenység hatását figyelmen kívül hagyó 19 éghajlati szimuláció eredményét. E modellfuttatások csak a vulkáni tevékenységet és a napsugárzás ingadozásait tekintik, melyek alapján az éghajlat természetes változásait határozzák meg. A rózsaszín sávok az előbb említett természetes éghajlati kényszereken kívül az üvegházhatású gázok antropogén hatású koncentráció-növekedését is figyelembe vevő 58 szimuláció eredményeit foglalják össze. Akár a globális átlagot, akár a földrészenként számított átlaghőmérsékleti idősorokat vetjük össze az elmúlt 100 évre vonatkozó klímaszimulációkkal, egyértelmű, hogy a XX. század utolsó negyedében detektált hőmérséklet-növekedés antropogén hatásra vezethető vissza.

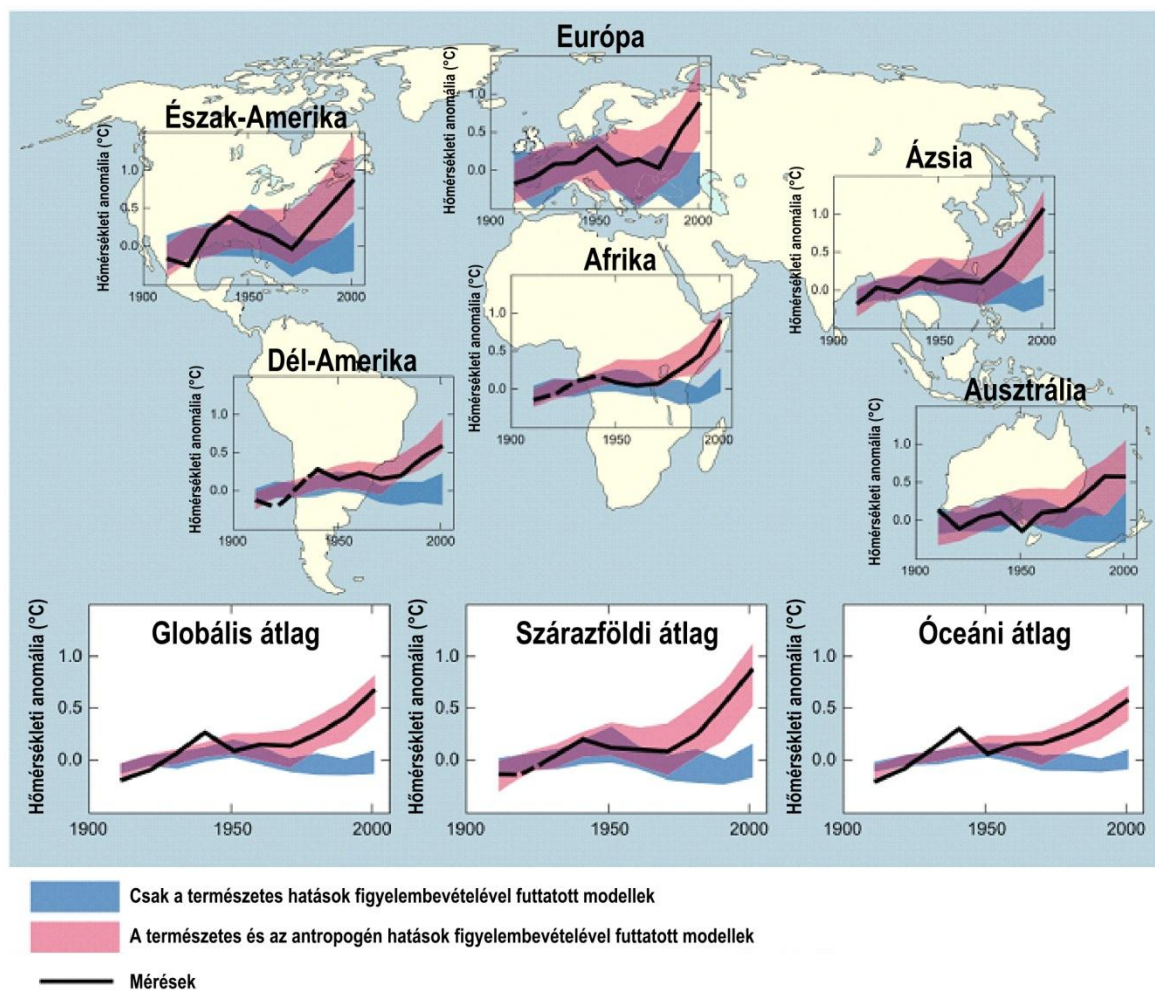
A globális felmelegedéssel és annak széles körű, átfogó vizsgálatával foglalkozó nemzetközi kutatóközösséget az IPCC<sup>2</sup>, vagyis az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület fogja össze, mely a WMO<sup>3</sup> és az UNEP<sup>4</sup> közös szervezésében 1988-ban alakult meg. Három fő munkacsoportja a következő feladatokat végzi:

- (1) értékeli és rendszerezi a feltételezett éghajlatváltozás kiváltó okairól és jellegzetességeiről rendelkezésre álló tudományos ismereteket,
- (2) elemzi az éghajlatváltozás környezeti és társadalmi-gazdasági következményeit,
- (3) áttekinti és értékeli a szükséges és lehetséges válaszstratégiákat.

<sup>2</sup> IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change, Éghajlatváltozási Kormányközi Testület.

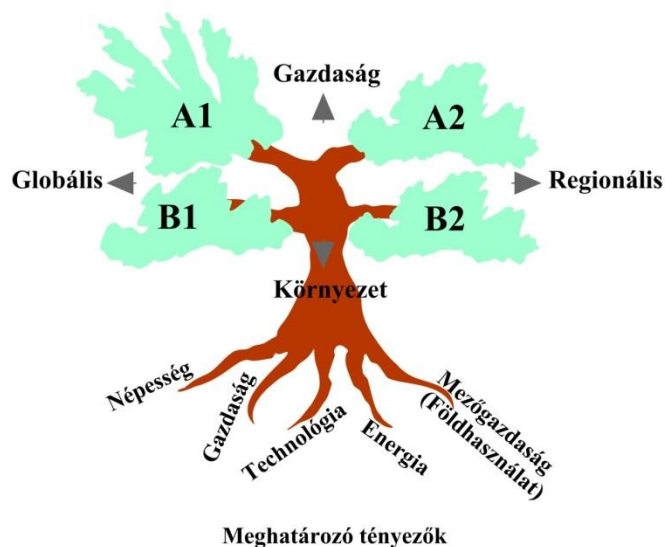
<sup>3</sup> WMO: World Meteorological Organization, Meteorológiai Világszervezet.

<sup>4</sup> UNEP: United Nations' Environmental Programme, ENSZ Környezeti Programja.



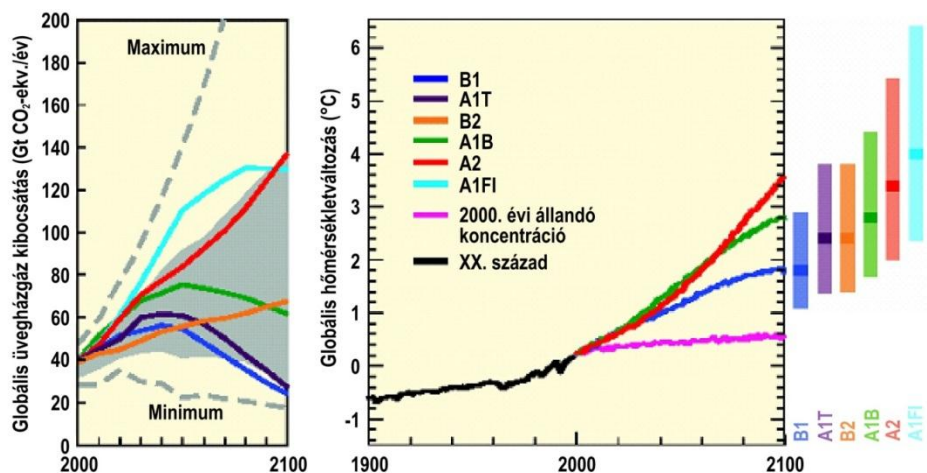
7.5.12. ábra: A kontinentális és globális felszín közeli átlaghőmérséklet szimulációinak összehasonlítása a mért értékekkel 1906–2005 között (Forrás: IPCC, 2007)

Az átfogó kutatási eredményeket öt-hat évente ún. Helyzetértékelő jelentésekben publikálják, melyek teljes terjedelmükben szabadon letölthetők az internetről (<http://www.ipcc.ch>). A legelső Helyzetértékelő jelentés 1990-ben jelent meg, a második 1996-ban, a harmadik 2001-ben, s a legutóbbi, negyedik 2007-ben. A különböző kutatócsoportok a várható klímaváltozás vizsgálatát emissziós forgatókönyvekhez, scenáriókhöz kapcsolódva végzik. A 2001-es és a 2007-es jelentésben négy alapszenárió (A1, A2, B1, B2) esetére elemezték a várható éghajlati változásokat és az ezekből adódó következményeket. Az A1 és B1 scenáriók a globalizációs folyamatok felgyorsulásával számolnak, az A2 és a B2 scenáriók viszont inkább a regionális fejlődés irányába történő eltolódást prognosztizálnak (7.5.13. ábra). Az A1, A2 scenáriók esetén a gyors gazdasági fejlődése, míg a B1, B2 esetben a környezettudatos technológiai fejlesztéseké a prioritás. Ezek tükrében az emissziók (s egyben a klímaváltozás mértéke) szempontjából az A2 a legpesszimistább és a B1 a legoptimistább forgatókönyv. Az A1 scenárión belül három alszenáriót különíthetünk el: (1) A1FI, melyet a fosszilis energiahordozók intenzív felhasználása jellemez, (2) A1T, melyet a megújuló energiaforrások használatának jelentős mértékű elterjedése jellemez, (3) A1B, mely a fosszilis és a megújuló energiaforrások kiegyenlített használatát feltételezi.



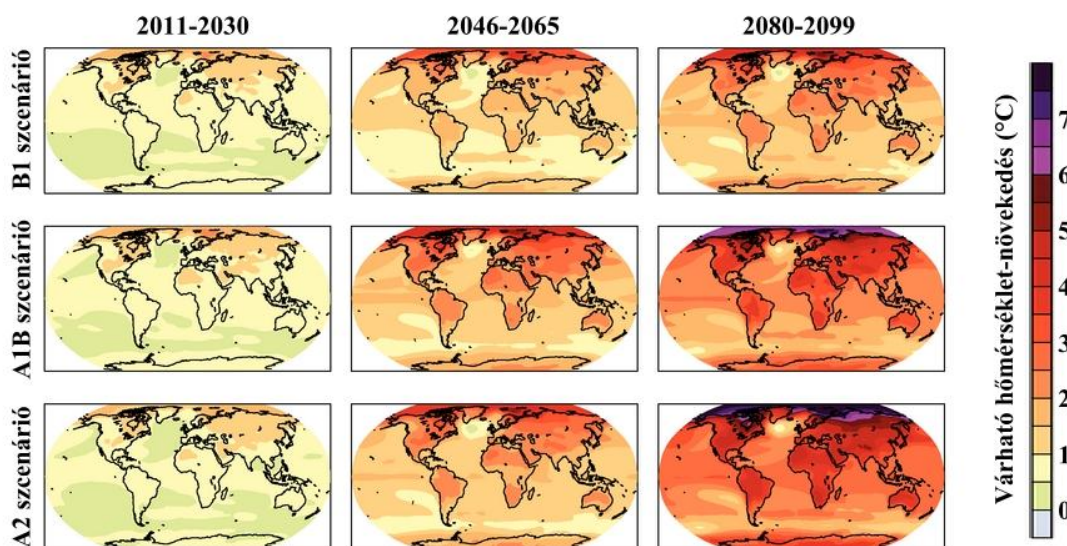
7.5.13. ábra: A klímaprojekciókban alkalmazott négy alapszenárió rendszere  
(Forrás: IPCC)

A 2007-ben megjelent IPCC Helyzetértékelő Jelentés összefoglaló eredményét a 7.5.14. ábrán mutatjuk be. A bal oldali grafikonon a különböző szenáriókhöz kapcsolódóan a XXI. századra becsült antropogén üvegházgáz-emissziók menetei láthatók. A jobb szélén található sávok az egyes emissziószenáriókhöz tartozó, a XXI. század végére várható globális átlaghőmérséklet-emelkedés intervallumát illusztrálják, melyek a különböző modellfuttatásokból származó eredményeket foglalják össze. A középső grafikon részletesen mutatja három alapszenárió (B1, A1B, A2) esetén a XXI. század során várható hőmérsékletváltozások ütemét. A grafikonról leolvasható, hogy a legnagyobb hőmérséklet-növekedés az A1FI alszenárió esetén várható (azaz ha a század végéig a fosszilis energia-hordozók intenzív felhasználását feltételezzük). A melegedés mértéke ebben az esetben várhatóan 2,4–6,4 °C az 1980–1999. időszak átlagához viszonyítva. A legkisebb melegedésre a B1 szenárió esetén számíthatunk, melynek várható mértéke a XXI. század végére csupán 1,1–2,9 °C.



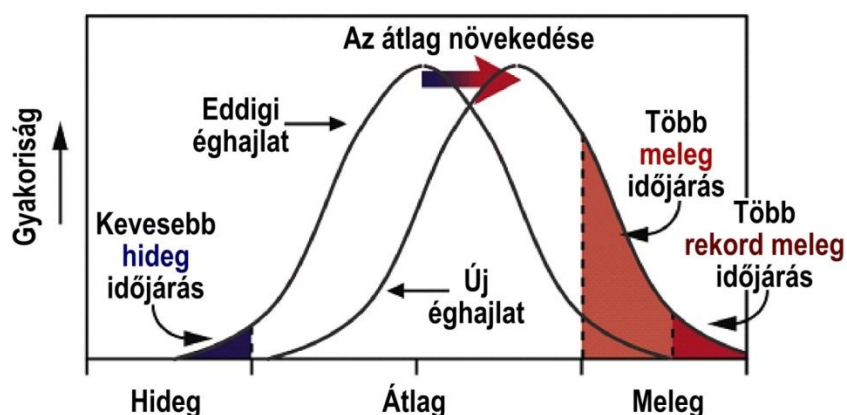
7.5.14. ábra: Az üvegházhatású gázok várható kibocsátása a XXI. században és a várható globális átlaghőmérséklet-változás a különböző szenáriók esetén (Forrás: IPCC, 2007)

A várható hőmérséklet-változás területi eloszlását a XXI. század három különböző húsz évet felölelő időszakára (2011–2030. között, 2046–2065. között, illetve 2080–2099. között) vizsgálva levonható az a következtetés, hogy a XXI. század elején és közepén még nem különülnek el egymástól jelentős mértékben a különböző scenáriók által adott előrejelzések (7.5.15. ábra). Ezzel szemben a század utolsó két évtizedére már markáns különbségek jelentkeznek, különösen a sarkvidéki területeken. Az Északi-sark környékén a legjelentősebb a melegedés mindhárom időszakban. Az 1980–1999 referenciaidőszakhoz viszonyítva átlagosan 1–2 °C közötti, illetve 3–4 °C közötti hőmérséklet-növekedés várható 2011–2030-ra, illetve 2046–2065-re. Majd 2100-ig rendre mintegy 5 °C-os, 6 °C-os, 7 °C-os hőmérséklet-emelkedés prognosztizálható a B1, A1B, illetve A2 scenárió esetén. A modellek megközelítőleg két-háromszoros melegedést prognosztizálnak az arktikus régióra a globális átlaghoz viszonyítva. A szimulációkat összegző térképekről jól látható az is, hogy a szárazföldi területeken nagyobb mértékű a várható melegedés, mint az óceáni területeken, továbbá az északi félgömb melegedése jelentősen meghaladja a déli félgömbét.



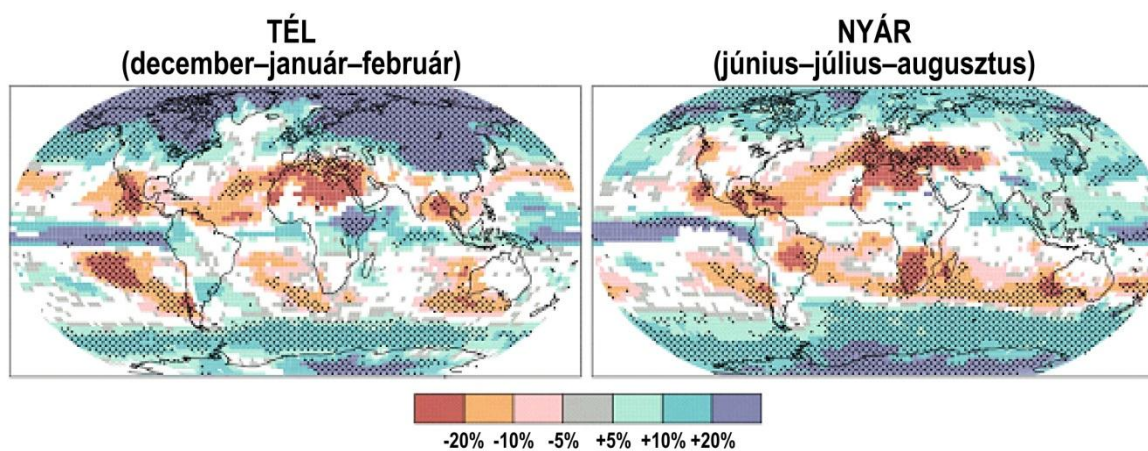
7.5.15. ábra: Az éves átlagos felszín közeli hőmérséklet-változás területi eloszlása a B1 (fent), A1B (középen), A2 (lent) scenárió esetén a 2011–2030 (bal oldali oszlop), a 2046–2065 (középső oszlop) és a 2080–2099 (jobb oldali oszlop) közötti időszakra, referencia időszak: 1980–1999. (Forrás: IPCC, 2007)

A globális hőmérséklet jelentős növekedése természetesen érinti a szélsőséges hőmérsékletek gyakoriságát is. A 7.5.16. ábra illusztrálja a melegedő klíma hatására eltolódó hőmérsékleti eloszlásokat: a hideg extrémumok várhatóan ritkábban fordulnak majd elő, a meleg extrémumok viszont gyakrabban. A XXI. század közepére és végére adott klímaszimulációk alapján a globális melegedés következtében az időjárási és éghajlati szélsőségekben is jelentős változások várhatók. Többek között például a forró napok és éjszakák, a hóhullámok, a heves csapadéktevékenység, az aszály, az intenzív trópusi ciklonok aktivitása és a heves óceáni hullámzás valószínűsége várhatóan növekszik. Ezen változások közvetve érintik a különféle emberi tevékenységeket: a mezőgazdasági és ipari termelést, az erdőgazdaságot, a vízgazdálkodást, valamint az egészségügyet.



7.5.16. ábra: A hőmérséklet-növekedéssel várható eloszlásbeli eltolódás hatására az extrém melegek gyakorisága növekszik (Forrás: IPCC)

Végül a téli (december–január–február) és a nyári (június–július–augusztus) csapadék-összeg XXI. század végére várható változásának területi eloszlását a 7.5.17. ábra szemlélteti az A1B scenárió esetén. Az egyik legjelentősebb szárazodásra a Földközi-tenger térségében számíthatunk mindkét évszakban, télen ez a szárazodás inkább a déli részre, s Észak-Afrikára terjed ki, míg nyáron északabbra húzódik, s így egészen Közép-Európáig felhúzódik. A magasabb földrajzi szélességeken mindkét féltekén csapadéknövekedés várható.



7.5.17. ábra: A téli és nyári átlagos csapadékváltozás várható mértéke az A1B scenárió esetén a 2090–2099 közötti időszakban, referencia időszak: 1980–1999. (Forrás: IPCC, 2007)

A sztratoszférikus ózon csökkenésének problémájával ellentétben a széles körű nemzetközi összefogás sajnos még nem jöhetett létre az antropogén üvegházhatással kapcsolatban. Számos próbálkozás és nemzetközi találkozó ellenére eddig jelentős hatású konkrét kötelezettségvállalás nem született. 1992-ben a Rio de Janeiróban, a Föld 189 országának részvételével megfogalmazott Éghajlatváltozási Keretegyezmény csak elveket fogalmazott meg. Tartalmazza az elővigyázatosság elvét, valamint azt is, hogy a globális környezeti problémákért az egész emberiség felelős, ám az egyes országok különböző mértékben részesülnek ebből a közös felelősségből. A keretegyezményt követően minden év december elején megrendezik az aláíró országok (részes felek) ülészeit. Például 2009-ben Kop-

penhágában, 2010-ben Cancunban került sor a nemzetközi találkozóra. Nevezetes volt 1997-ben a Kyotóban történt találkozó, ahol a Kyotói Jegyzőkönyvet elfogadták. Ez volt az első konkrét feladatmegjelölés az antropogén üvegházhatás problémájának kezelésére. A megállapodás azt tartalmazta, hogy az üvegházgázok kibocsátását csökkenteni kell a fejlett és átmeneti gazdaságú országokban (ez mintegy 39 országot jelent) a 2008–2012 közötti időszakra, átlagosan 5,2%-kal az 1990-es bázisszinthez viszonyítva. Az egyes országok eltérő vállalásokat tettek, például Magyarország számára az előírás 6%-os kibocsátáscsökkentést jelölt meg az 1985–1987 időszakhoz viszonyítva. Az akkori Európai Közösség 15 országa átlagosan 8%-os emissziócsökkentést vállalt.

Az egyezmény hatályba lépését és a későbbiekben kidolgozott nemzetközi emissziókereskedelem beindítását sokáig gátolta, hogy habár 2004-ig több mint 130 ország csatlakozott a Kyotói Jegyzőkönyvhöz és ratifikálta (Magyarország például 2002. augusztus 21-én), ám ezek hozzájárulása a globális üvegházgáz-kibocsátáshoz nem érte el az 50%-ot. A legnagyobb kibocsátók, az USA, Oroszország és Ausztrália nem csatlakozott a ratifikáló országok sorához, s így nem teljesülhetett az a feltétel, hogy a kibocsátás legalább 55%-áért felelős országok részt vegyenek a nemzetközi összefogásban. Ezt a feltételt csak a találkozó után hét évvel, Oroszország csatlakozásával sikerült teljesíteni, ahol a ratifikáció 2004. november 18-án történt meg. Így végül 2005. február 16-án életbe lépett a Kyotói Jegyzőkönyv. A célul kitűzött átlagos 5,2%-os kibocsátáscsökkentés sajnos még nagyon kevés ahhoz, hogy az IPCC-jelentésekben szereplő modellek által prognosztizált globális felmelegedést mérsékelje. Ennél sokkal drasztikusabb, akár 50–80%-os emissziócsökkentésre lenne szükség a következő évtizedekben. Az Európai Unió próbálja nemzetközi szinten elfogadtatni, hogy egyrészt nagyobb mértékű kibocsátáscsökkentést vállaljanak az egyes országok, másrészt pedig hogy a csökkentést kiterjessék a fejlődött országokra (Kínára, Indiára, s a latin-amerikai országokra). Egyelőre sajnos nem beszélhetünk nemzetközi megegyezésről ebben az ügyben.

## 7.6. Függelékek

### 7.6.1. Bibliográfia

- Andres, R. J., Fielding, D. J., Marland, G., Boden, T.A., Kumar, N., Carbon dioxide emissions from fossil-fuel use, 1751–1950, *Tellus*, 51B (1999), 759–765.
- Boden, T. A., Marland, G., Andres, R. J., Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO<sub>2</sub> Emissions, Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, 2010, Oak Ridge, Tennessee, U.S.A. doi 10.3334/CDIAC/00001\_V2010.
- IPCC, Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the IPCC. Edited by J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, D. Xiaosu. Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, 2001., New York, NY. 944 p.
- IPCC, Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Edited by S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, H. L. Miller. Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, 2007., New York, NY. 996 p.
- Lefohn, A. S., Husar, J. D., Husar, R. B., Estimating Historical Anthropogenic Global Sulfur Emission Patterns for the Period 1850–1990, *Atmospheric Environment*, 33 (1999), 3435–3444.
- Marland, G., Rotty, R.M., Carbon dioxide emissions from fossil fuels: A procedure for estimation and results for 1950–82, *Tellus*, 36B (1984), 232–261.



- Molina, M. J., Rowland, F. S., Stratospheric sink for Chlorofluoromethanes: Chlorine atom-catalysed destruction of ozone, *Nature*, 249 (28 June 1974), 810–812.
- Nakicenovic N., Swart R., eds., Emissions Scenarios. A special report of IPCC Working Group III. Cambridge University Press, 2000., UK. 570 p.
- Smith, S. J., Pitcher, H., Wigley, T. M. L., Global and Regional Anthropogenic Sulfur Dioxide Emissions, *Global and Planetary Change*, 29 (2001), 99–119.
- Smith, S. J., Conception, E., Andres, R., Lurz, J., Historical Sulfur Dioxide Emissions 1850–2000: Methods and Results, Pacific Northwest National Laboratory, 14537, 2004., USA. 16 p.
- Stern, D. I., Kaufmann, R. K., Estimates of global anthropogenic methane emissions 1860–1993, *Chemosphere*, 33 (1996), 159–176.
- Stern, D. I., Kaufmann, R. K., Annual Estimates of Global Anthropogenic Methane Emissions: 1860–1994, Trends Online: A Compendium of Data on Global Change, Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, 1998., Oak Ridge, Tennessee, U.S.A. doi: 10.3334/CDIAC/tge.001.

### 7.6.2. Fogalomtár

**Adszorpció:** elnyelődés; gáz, gőz vagy folyadékok megkötődése egy szilárd felületen.

**Affinitás:** kémiai kötés kialakítására való hajlam.

**Anaerob:** oxigénmentes.

**Denitrifikáció:** a nitrátok  $N_2$ ,  $N_2O$  vagy  $NO$  alakban bekövetkező, gáz-halmazállapotú nitrogénvesztése, mely általában, de nem mindig, biológiai (anaerob baktériumok okozta) hatásra megy végbe.

**Dobson Egység (DU):** az ózon légköri mennyiségének mértékegysége, mely azt fejezi ki, hogy 1013 hPa nyomáson és  $0^\circ C$  hőmérsékleten mekkora lenne az ózon rétegvastagsága 10  $\mu m$  egységben.

**Emisszió:** légszennyező anyag kibocsátása.

**Eutrofizáció:** a feldúsult foszfor- és nitrogéntápanyag feldúsulása miatt az elsődleges szervesanyag-termelő szervezetek túlzott mértékben elszaporodnak, mely természetes és mesterséges tavakban egyaránt előfordulhat.

**Fotódisszociáció:** napsugárzás hatására történő kémiai bomlás.

**Glaciális:** eljegesedési időszak.

**Globális melegítő potenciál:** egy adott molekula egész Földre kiterjedő üvegházhatása a  $CO_2$  molekulához viszonyítva.

**Halogénezett szénhidrogének:** fluort, klórt vagy brómot tartalmazó szerves vegyületek, melyek az emberi tevékenységek hatására kerül a légkörbe; a sztratoszférikus ózon bontásában játszanak fő szerepet, s üvegházhatással is rendelkeznek.

**Hőmérsékleti inverzió:** a felszín közelében – a szokásostól eltérően – a magassággal növekszik a hőmérséklet.

**Immisszió:** légszennyezettségi állapot, levegőminőség.

**Infravörös tartomány:** a látható fény hullámhosszánál nagyobb hullámhosszú, a 0,7–300  $\mu m$  tartományba eső elektromágneses sugárzás.

**Interglaciális:** két eljegesedési időszak közötti szakasz.

**IPCC:** Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (Intergovernmental Panel on Climate Change), melyet 1988-ban az ENSZ és a WMO (Meteorológiai Világszervezet) hozott létre.

**Ózonlyuk:** a déli félgömbnek az a térsége, ahol az ózon légköri mennyisége nem éri el a 220 DU-t.

**Parciális nyomás:** az a nyomás, amit akkor fejtene ki egy gázelegy adott komponense, ha a rendelkezésre álló teljes térfogatot egyedül töltené ki; a Dalton-törvény értelmében a gázelegy összes komponense parciális nyomásának összege adja a gázelegyre vonatkozó nyomást.

**Sztratoszféra:** a légkör felszín közeli, troposzférarétege fölötti réteg, melyben a hőmérséklet a magassággal növekszik.

**Transzmisszió:** légszennyező anyag terjedése.

**Troposzféra:** a légkör felszínhez közeli, legalsó rétege, melyben a hőmérséklet a magassággal csökken, átlagos vastagsága: 8–16 km.

**Turbulencia:** örvényesség.

**Ultraibolya sugárzás:** a látható fénynél kisebb és a röntgensugárzásnál nagyobb (10–400 nm közötti) hullámhosszal jellemezhető elektromágneses sugárzás.

**Vertikális hőmérsékleti gradiens:** a hőmérséklet függőleges irányú változása,  $(T_2 - T_1) / (z_2 - z_1)$ , ahol  $z_2$  magasságban  $T_2$  a hőmérséklet értéke,  $z_1$  magasságban  $T_1$ .

## 8. A ZAJVÉDELEM ALAPJAI (BALLABÁS GÁBOR)

*Mottó: „Sokféle zaj létezik. De csak egyféle csend.” Kurt Tucholsky*

A **zajvédelem** mint környezetvédelmi szakterület **felértékelődése** mind nemzetközi, mind hazai viszonylatban, **időben jelentősen megkésett, és napjainkban is kisebb súlyú más kiemelt környezetvédelmi területekhez** (például vízminőség-, levegőtisztaságvédelem, hulladékgazdálkodás) képest. Akár az európai uniós (1990-es évek második fele, illetve 2000-es évek eleje), akár a hazai, nemzeti szintű jogi szabályozás kezdetét (1980-as évek első fele), vagy a konkrét védelmi tevékenységet tekintjük, jól megfigyelhető, hogy mind a mai napig „a kisebbik testvér” szerepkörében találjuk. Ennek több oka is van: számos esetben a környezetpolitikai prioritások megállapítása során a közvetlen, azonnali emberi egészségkárosodás veszélyét hordozó vagy közvetlen gazdasági veszteséget okozó, azt megvalósító tevékenységekre és hatásaikra irányul a figyelem. A mindennapokban sok esetben **rendkívül szubjektív a zajhatások megítélése, pedig objektív mérési és értékelési módszerek rendelkezésre állnak.** Ám ezek megértése, **az ezzel kapcsolatos ismeretek nem lettek az emberi közösségek általános ismereteinek részei.** Pedig **a koncentráltan, elsősorban a városi terekben,** jelesül a nagy forgalmú közlekedési vagy jelentős ipari objektumok térségében napjaink alap kutatásai és ezek értékelései egyértelműen mutatják, hogy **az erős zaj az emberi tevékenységre és az egészségre is súlyos hatással van.** Ennek egyik példája, hogy **a hazai lakosság fele (ötmillió ember) él napjainkban magas zajszintűnek tekintett területen, és viseli el a zajhatások káros egészségügyi hatásait.** Jelen fejezet a zaj fő fizikai jellemzőinek, a fő zajhatásoknak a bemutatására és a zajvédelmi tevékenység alapjainak ismertetésére törekszik.

### 8.1. Hangtani és zajvédelmi alapfogalmak

A **hang**, fizikai fogalomként, mechanikus rezgőrendszer által keltett, rugalmas közegben terjedő hullám, mely abban nyomásváltozást okoz, és az emberben vagy más élőlényben hangérzetet kelt.

Nagyon lényeges tehát, hogy legyen egy **hangforrás**, mely a hangot kibocsátja. A hangterjedés mindig valamilyen **rugalmas anyagban, közegben** történik, vákuumban nem terjed a hang.

Közeg szerint három fajtája különböztethető meg:

- szilárd testben történő hangterjedés (testhang)
- folyadékban – leggyakrabban víz – történő hangterjedés (folyadékhang)
- gázban – leggyakrabban levegő – történő hangterjedés (léghang)

A hangot, hullámjelenséggént, három fontos fogalommal jellemezhetjük, melyek szorosan összefüggnek egymással: a hullám és így a hang frekvenciájával, terjedési sebességével és hullámhosszával.

A **hullámhossz** (jele:  $\lambda$ , mértékegysége: [m]) két olyan pont távolsága a rugalmas közegben (a hullámterjedés irányában), ahol a kitérésnek helyi minimuma vagy maximuma van. A hullámhossz a hangsebesség és a frekvencia hányadosaként számítható ki:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (8.1.)$$

ahol:

$\lambda$ : hullámhossz [m]

$c$ : hangsebesség [m/s]

$f$ : frekvencia [1/s]

A frekvencia és a hullámhossz között fordított arányosság van, tehát a rövidebb hullámhosszú rezgések frekvenciája nagyobb.

A **frekvencia** (jele:  $f$ , mértékegysége: [Hz = 1/s]) az egy másodpercre jutó rezgésszámot fejezi ki. Szoros összefüggésben van az érzékelhető hangok esetén a hangok magasságával, hisz a hangmagasságot a hangforrás rezgésének gyakorisága határozza meg (Póta Gy. 2006.)

$$f = \frac{1}{T} \quad (8.2.)$$

ahol:

$f$ : a közegben terjedő rezgés frekvenciája [Hz = 1/s]

$T$ : periódusidő [s].

A **hangsebesség** (jele:  $c$ , mértékegysége: [m/s]) a hanghullám terjedési sebessége. Függ a vivőközeg tulajdonságaitól, egy adott közegben mindig állandó. A hang terjedési sebessége 20 °C hőmérsékletű levegőben 340 m/s, de folyékony és szilárd közegben ettől eltér (8.1. táblázat).

KÖZEG	TERJEDÉSI SEBESSÉG [M/S]
Levegő (0 °C)	331,8 m/s
Szén-dioxid (0 °C)	258 m/s
Etilalkohol (gőz) (97 °C)	269 m/s
Ammónia (0 °C)	415 m/s
Keménygumi	1570 m/s
Parafa	500 m/s
Porcelán	4884 m/s
Vörösfenyő	4180 m/s
Petróleum (20 °C)	1348 m/s
Etilalkohol (20 °C)	1168 m/s
Sósav (16 °C)	1518 m/s
Higany (20 °C)	1451 m/s

8.1. táblázat: A hang terjedési sebessége különböző közegekben (Forrás: Kiss N. 2010)

Természetesen a hang érzékeléséhez szükség van egy olyan receptorra és szervrendszerre, mely segíti a hangérzetté válást. Ennek bemutatására a későbbiekben térünk ki.

Zajnak tekintünk, köznap értelemben, minden zavaró, kellemetlen hangot. A környezetvédelemben viszont, függetlenül annak hangosságától vagy erősségétől, minden olyan hang zajnak tekinthető, mely nemkívánatos fiziológiai vagy pszichológiai hatással van

egyed emberekre vagy embercsoportokra. Akárcsak a levegőtisztaság-védelemben itt is beszélhetünk a zaj kibocsátásáról (emisszió), a rugalmas közegben történő terjedéséről (transzmisszió), és adott területet, lakókörnyezetet jellemző zajhelyzetről (immisszió).

Ahhoz, hogy a zajvédelem fő irányait bemutassuk, további hangtani fogalmakkal kell megismerkednünk:

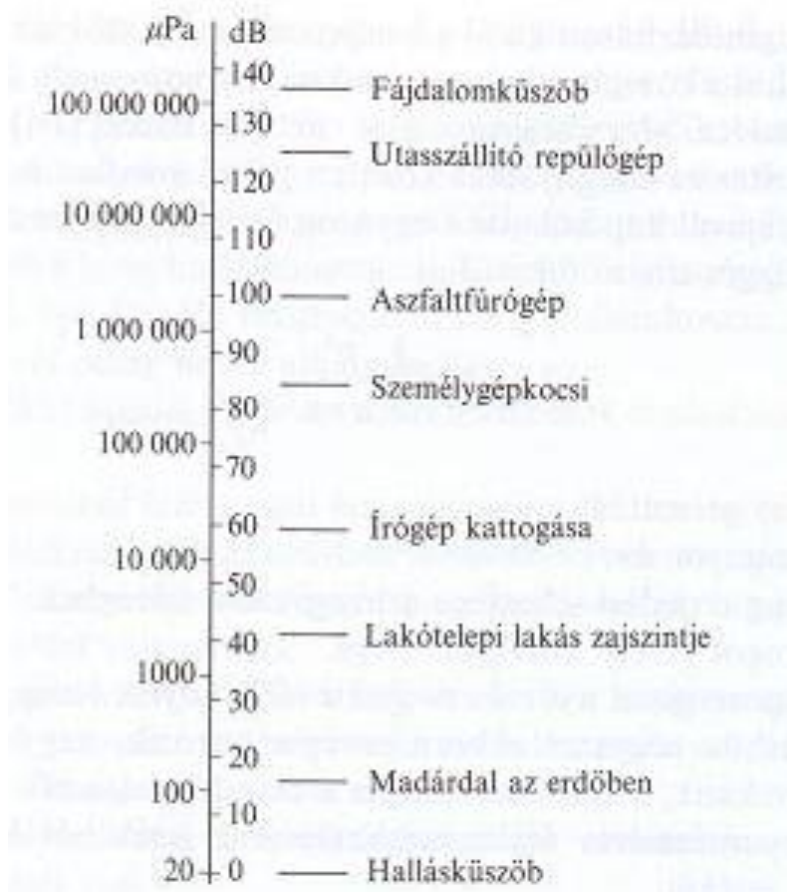
- A hangot a [hangnyomás](#)sal is szokták jellemezni. Ez a hangrezgések által a közegben keltett váltakozó nyomás, mértékegysége Pascal. (Moser–Pálmai, 1999) Az emberi hangérzékelés alapja a nyomás váltakozásának érzékelése. Az (átlagos) emberi füllel érzékelhető legkisebb hangnyomás a [hallásküszöb](#) (20 mikropascal). A hallható hangok felső határa körülbelül az a hangnyomás, amely már fájdalmat okoz, ez a [fájdalomküszöb](#).
- A [hangteljesítmény](#) a hangforrás által időegység alatt kisugárzott, adott felületen mérhető hangenergia wattban (W) kifejezve.
- Ennek egységnyi felületre érkező mennyiségét a [hangintenzitás](#) adja meg, melynek mértékegysége ezáltal  $W/m^2$ .

**A hangenergia a nyomás négyzetével arányos**, így növekvő hangerősség esetében például háromszor akkora nyomáshoz kilencszer akkora energia tartozik. Ugyanakkor a hallható hangok erőssége rendkívül széles határok közt mozog. **A még hallható legkisebb hangnyomás, illetve intenzitás, valamint a legnagyobb ilyen mennyiség között 6, illetve 12 nagyságrend különbség van.** (Milliószoros, illetve billiószoros különbség a négyzetes összefüggést figyelembe véve). Így **ezekkel nehéz lenne lineáris léptékben számolni, emiatt a hangerősségi szintek logaritmikus értékével számolunk. A hangszint mértékegysége: a bel (B).** A gyakorlatban ennek tizedrészét, a decibelt (dB) alkalmazzuk. Nyomásoldalról vizsgálva tehát, a 20 dB-lel erősebb hang nyomása tízszeres, 40 dB-lel erősebb hang nyomása pedig százszoros növekedést mutat. A négyzetes arány miatt pedig a 10 dB-lel erősebb hang intenzitásának növekedése tízszeres, a 20 dB-lel erősebb hang intenzitásának növekedése százszoros, a 30 dB-lel erősebb hang intenzitása ezerszeres (8.1.1. ábra, 8.2. táblázat). Vagyis a decibelskála nem a hanghullámok hordozta energiamentesség (vagy nyomás) fizikai értékét mutatja, hanem két hangintenzitás (nyomás) arányát. A 0 pont (dB) az emberi hangérzékelés hallásküszöbe (20 mikropascal).

**A dB bevezetésének előnyei tehát a következők:**

- a milliószoros nyomás, illetve billiószoros intenzitás közti nagyságrendnyi különbséget (és megjelenítését) egy könnyen kezelhető skálával 0-tól mintegy 130 dB-ig (fájdalomküszöb) helyettesíti,
- a hangnyomás és energia változását egy skálán jeleníti meg,
- az (átlagos) „emberi fül érzékenységgel szorosabb kapcsolatban van, mint a Pa-skála, hisz a fül a hangszint százalékos változására érzékeny” (Moser–Pálmai, 1999).

**Nagyon lényeges ugyanakkor a mindennapokban, hogy dB-skálát ne lineáris skálaként értékeljük. Kritikus zajhelyzetben 2-3 dB növekedés vagy csökkenés, a logaritmikus számítás miatt, nagyon komoly problémát, illetve eredményt jelenthet.** Például konkrét fővárosi zajmérések utáni modellezés esetén egy nagy forgalmú főút forgalmának elméleti felezésével (!) 75 dB-ről 72 dB-re történő mérséklődést számszerűsítettek (Muntag A. 2008.).



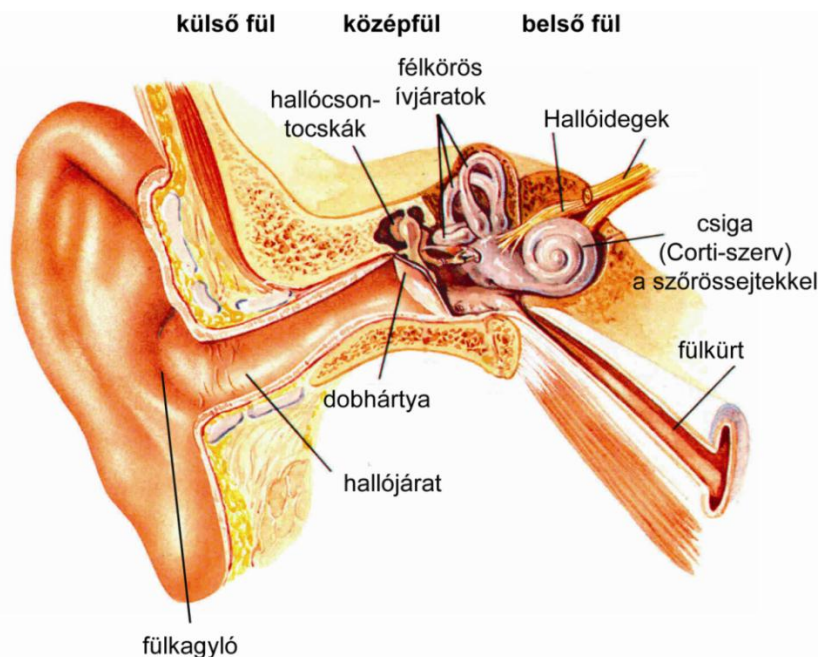
8.1.1. ábra: Az egyes hangforrások hangnyomásértékei (Pa), illetve hangnyomásszintjei (dB)  
(Forrás: Moser–Pálmai: A környezetvédelem alapjai Bp., 1999., pp. 364.)

W/M <sup>2</sup>		DB
10 <sup>-12</sup>	hallásküszöb	0
10 <sup>-11</sup>	halk neszek, levélzörgés	10
10 <sup>-10</sup>	óraketyegés	20
10 <sup>-9</sup>	suttogás	30
10 <sup>-8</sup>	halk beszéd 1 méterről	40
10 <sup>-7</sup>	csöndes iroda	50
10 <sup>-6</sup>	átlagos beszéd 1 méterről	60
10 <sup>-5</sup>	városi forgalom zaja	70
10 <sup>-4</sup>	kiabálás 1 méterről	80
10 <sup>-3</sup>	fűrőgép	90
10 <sup>-2</sup>	zenekar	100
1	légkalapács	110
10	sugárhajtású repülőgép közvetlen közelében – fájdalomküszöb	120

8.1.2. táblázat: Az egyes hangforrások hangintenzitás-értékei (W/m<sup>2</sup>),  
illetve hangintenzitás-szintjei (dB) (Forrás: Balázs R., 2008.)

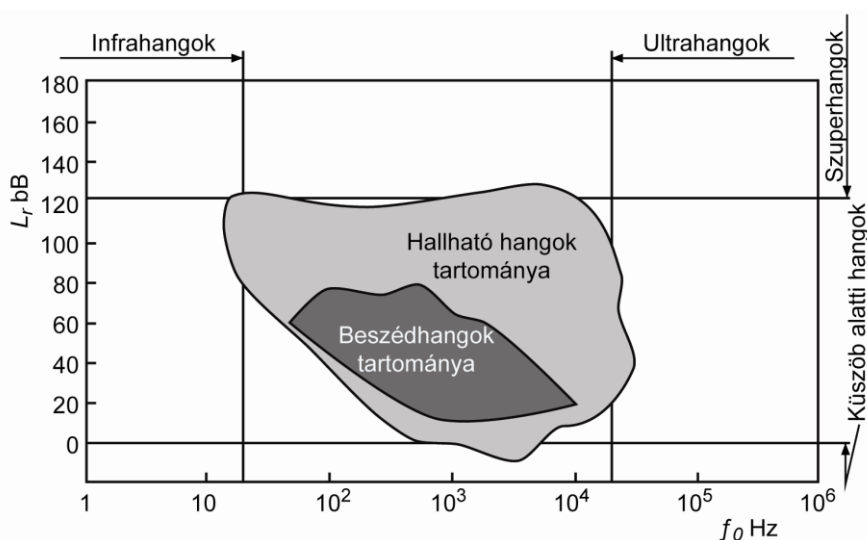
## 8.2. A hangok érzékelése, a zaj élettani hatásai

Az emberi hallószervrendszer alapvetően **négy nagy szakaszra** osztható. (8.2.1. ábra) Az első szakasz az ingervezetésért felelős. Ebben találjuk többek közt a fülkagylót, a hallójáratot, a dobhártyát, a hallócsontocskákat. Ezek feladata a hanginger továbbítása, erősítése. A belső fülben találjuk az úgynevezett csigát, melyben a Corti-féle szerv felelős az inger átalakításáért ingerületté. A csigában, melyet folyadék tölt ki, a Corti-féle szerven ülnek a hangérzékelő sejtek, az úgynevezett szőrsejtek. Ezek az ingert, köszönhetően sűrű idegvégződéseiknek, idegi pályán szállítható ingerületté alakítják. A harmadik szakasz az ingerületvezetésé: a VIII. agyideg (az egyensúly-érzékelő szervek ingerületeivel együtt) az agykéregbe juttatja az ingerületet. Zajvédelmi szempontból a legfontosabb az ingerület felfogásának módja az agykéregben, és ennek hatásai. Az agyban ugyanis többszöri átcsatolásra kerül sor, és végül alakul csak ki a tudatos hangérzet. Az első átcsatolás a hang erősségétől, intenzitásától függően, a nyúltagyban történik meg. Erős hang esetén akaratlan izomreakciók következnek be, vagyis összerezzetés vagy fejfordítás a hang irányába. A hallóidegpályák következő átkapcsolódási helyén, még mindig a nyúltagyban, történik meg a vegetatív centrumok (vérnyomás, szívritmus, verejtékkiválasztás, akár vér- vagy hormonképzés) és a szemizomközpontok felé történő, szintén akaratlan átcsatolás. Erős hang esetén automatikusan emelkedik a pulzusszám, megugrik a vérnyomás stb. – a szervezet felkészül egy esetleges veszélyhelyzetre. Az utolsó lépésként a hallásközpontban válik az ingerület tudatos hangérzetté. A folyamat teljes lefutása a külső fültől átlagosan 0,008 s. Egy átlagos ember mintegy 300 000 különféle erősségű és magasságú hangot tud tudatosan elkülöníteni, például ennek segítségével tanulunk meg beszélni. Élettani és zajvédelmi szempontból pedig ki kell emelnünk, hogy az első két átcsatolás eredményeként a nagyon erős hangok hatására mindig elindulnak az akaratlan reakciók. Tartós vagy egyszeri (de nagy erősségű) zajterhelés esetén ennek komoly egészségügyi (pszichológiai) vagy fiziológiai hatásai is vannak.



8.2.1. ábra: Az emberi hallás szervei és első három szakasza  
(Forrás: Bogár Andrea: A hallás)

Az emberi hangérzékelés nem terjed ki minden hangerősségre és frekvenciára. (8.2.2. ábra) A (hallás)küszöb alatti hanghullámok nyomását (20 mikropascal, 0 dB) már egy átlagos ember nem érzékeli, intenzitásuk  $10^{-12}$  W/m<sup>2</sup> alatt van, függetlenül a frekvenciától. A **szuperhangok** intenzitása az 1 W/m<sup>2</sup> értéket meghaladja, függetlenül a frekvenciától. Ezek a hangok a fájdalomküszöb feletti hangok. Ami a hangok frekvenciáját illeti, fülünk ezek közül sem mindegyikre érzékeny. A hallható hangok frekvenciája 20 Hz és 16 ezer Hz között van. Fülünk a 2000–5000 Hz-es frekvenciában a legérzékenyebb. Igen érzéketlen az alacsony (**infrahangok 0–16 Hz**) és a magas (**ultrahangok**) frekvenciatartományokban (8.2.2. ábra). Ugyanakkor a nagy hang(nyomás)szinttel jellemezhető zajok infrahangként vagy ultrahangként lehet, hogy nem hallhatóak, mégis egészségkárosító hatásuk hasonlóképpen jelentkezhet, mint a hallható zajoké.



8.2.2. ábra: A hangjelenségek csoportosítása frekvencia és hangnyomásszint alapján  
(Forrás: Czira T., [2000]: Magyar és európai uniós zajvédelmi tevékenység és politika az ezredfordulón)

A zajok nem mindenkit zavarnek egyformán, hiszen számos egyedi tényező befolyásolhatja, hogy egy adott hangot zajként élünk-e meg. Az érzékenységet befolyásolhatja például az ember életkora, egészségi állapota, pillanatnyi idegállapota és a zaj forrásához való viszonya. Természetesen a hangjelenség ritmusa és frekvenciája is befolyásolhatja az érzékenységet. Adott erősségű zajok közül a magas frekvenciájúak általában több embert zavarnek.

Objektív módon vizsgálva, a zajok élettani hatásai azok erősségével (hangszint) összefüggésben változhatnak. Az élettani hatásokat Lohmann (1956) négy nagy csoportra osztotta. (Moser–Pálmai, 1999) **A 30 dB feletti tartós zajterhelés**, különösen 55 dB felett, már **pszichés hatásokkal** járhat. Korlátozza a pihenést és az alvást, zavarhat a munkában, hiszen csökkenti a koncentrációképességet, növeli a fáradékonyságot. **A 65 dB feletti tartós zajszennyezés** már a vegetatív idegrendszerre is hatással van (**vegetatív hatások**). Permanens „készenlétben” tartja a szervezetet. Orvosi megfigyelések szerint tartós terhelés esetén növeli a vérnyomást, csökkenti a testhőmérsékletet, fokozza az anyagcserét, szájszárazság, nyelési kényszer jelentkezhet. Ugyanakkor keringési zavarokat, gyomorhurutot, gyomorfekélyt okozhat. Megváltoztatja az idegrendszer működését: gyakoriak a fejfájások



panaszok, gyakori a verejtékezés, alvászavarok jelentkezhetnek. A 60-70 dB körüli zaj már gátolja a beszéd megértését. **90 dB felett már a halláskárosító hatások** is jelentkeznek az előbbiek mellett. Erős zajterheléskor a fül fáradását az ún. zajküszöb-emelkedés jelzi. 100 dB körüli terhelés és a legérzékenyebb frekvenciatartomány esetén a szervezet akár 30–50 dB-lel emelheti védekezésképpen a hallásküszöböt. Nagy hangosságú koncertek után ez egy jól megfigyelhető jelenség. A normál hallás visszaállása a hang erősségétől függ. 10 dB körüli küszöbemelkedés néhány óra alatt regenerálódhat, míg 40 dB alatti értéknél minimum egy nap szükséges a regenerációhoz. 50 dB vagy azt meghaladó küszöbemelkedés már hónapokon át megmaradhat. (Moser–Pálmai, 1999)

A sokak által emlegetett „hosszúszak” nagy hangszinteken már látszólagos. Az igazán komoly gond akkor kezdődik, ha valaki tartósan, nap mint nap 80 dB (érzékenyebbek) vagy 90 dB feletti (átlagos) tartós terhelést kap. Ilyen zajterhelés esetén egy-két év alatt átmeneti, majd tartós halláskárosodás is kialakulhat. Ha valaki ilyen típusú munkahelyen (kovácsolózsem, szövőüzem stb.) 15-20 évet eltölt, már garantált a maradandó halláskárosodás. Ezt a folyamatot már semmilyen módon nem lehet megfordítani, javítani. Az egyén számára időskorra súlyos korlátot jelent, számos egyéni és családi tragédia alapja lehet.

**A 120 dB-t meghaladó zajhatás esetén már elérjük a fájdalomküszöböt**, egyszeri hatás is azonnali halláskárosodást okozhat. 160 dB szinten általában beszakad a dobhártya, a 175 dB körüli érték pedig az egyén halálával jár. (Moser–Pálmai, 1999)

### 8.3. A környezeti zaj forrásai

#### 8.3.1. A közlekedési zajok

**A közúti közlekedés zaja** nemcsak a járművek zajkibocsátásának (emissziójának) függvénye. **A zajimmisszió függ:**

- a forgalom nagyságától, összetételétől, szervezettségétől, sebességétől,
- az útburkolat minőségétől és állapotától,
- a gépjárművek műszaki állapotától, a nehéz tehergépkocsik és kamionok arányától,
- az adott terület beépítettségétől, növénytakaróval való borítottságától, és attól is, hogy éjszaka van-e, vagy nappal.

**A közúti járművek zaja döntően három részből tevődik össze:** a motor zaja, az erőátvitel zaja, és a kipufogórendszer zaja. A három zajforrás egymáshoz viszonyított aránya sebességfokozatonként, járműtípusonként is változó, és a műszaki állapot függvénye is. Az 1. és a 2. sebességfokozatban a motor- és az erőátvitel zaja a domináns, a 4. sebességfokozatban (60 km/h vagy nagyobb sebesség esetén) egy kevésbé zavaró zajforrás, a gumiabroncsok gördülési zaja válik dominánssá. A kipufogórendszer zaja különösen gyorsulás (vagy fékezés) idején válhat domináns zajforrássá. Az említett három fő zajforráson kívül egyedi esetekben a karosszériaelemek, a fékberendezés, és az aerodinamikai zaj is okozhat jelentős zajhatást. Teherautóknál elsősorban a motorzaj jelentős, motorkerékpároknál szintén, de ezeknél a kétüteműek zaja magasabb frekvenciájú és zavaróbb. **A dízeljárművek általában hangosabbak a benzinüzeműeknél, akárcsak a tehergépjárművek a személykocsiknál.** (Czira T., 2000)

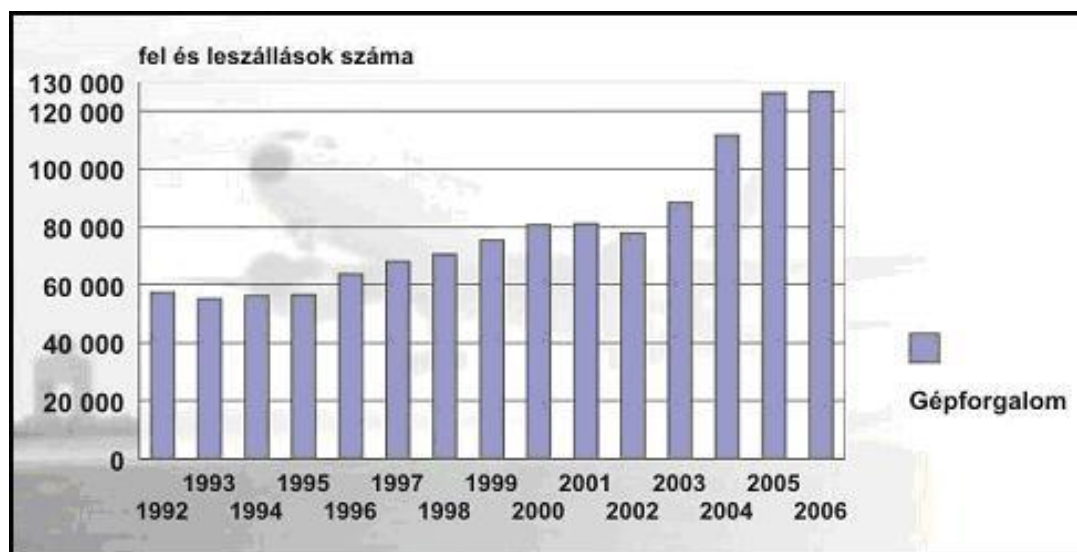
**A járműveket az ún. elhaladási zajuk is jellemzi.** Ezt elsősorban a motor fordulatszám és az ezzel arányos menetsebesség határozza meg. Az egyes gépjárműtípusok közt nagy a különbség (65–80 dB), azzal kiegészítve, hogy a jármű életkora és a vezető vezetési stílusa lényeges eltérést okozhat. (Póta Gy., 2006)

A közúti járműveken gyakran egyéb igen kellemetlen zajforrások is találhatóak, például a különböző szerelvények (vontatórúd, pótkocsi, szállított áru stb.) csörgő, zörgő zajai, amelyek már nem is annyira a jármű típusára jellemzőek, mint inkább a kulturált áruszállítási módszerekre. Ezekon kívül egyre komolyabb problémát jelentenek a gépjárműbe szerelt, rosszul beállított riasztókészülékek. Lakótelepeken, üdülőhelyeken, nagyobb parkolóhelyek környezetében gyakran válik domináns zajforrássá ez a szerkezet.

**A kötöttpályás közlekedési eszközök** (vasút, HÉV, villamos, metró) zaja főleg a mozdonyok és szerelvények zajkibocsátásától, a kerekek és a vágányok állapotától függ. A zaj döntő hányada azonban a pályaudvarok, rendezővágányok, egyéb kiszolgálóüzemek környékéről származik (hangjelzések, utastájékoztató, illetve egyéb hangszórón kisugárzott forgalmi utasítás, a váltókon, sínkereszteződéseken áthaladás többletzaja, kocsirendeztől származó többletzaj).

A vasúti zajjal kapcsolatban meg kell említenünk, hogy ezt az emberek – szubjektíven – kevésbé érzik zavarónak. Az ezzel kapcsolatos vizsgálatok azt mutatják, hogy ha egy lakóépület ablaka előtt 70 dB(A) egyenértékű zajszintet mérnek, és az a vasúti közlekedéstől származik, akkor ezt a zajszintet az emberek kb. olyan mértékben érzik zavarónak, mint a közutak mellett mért 63–65 dB(A) zajszintet. Ezzel szemben a beszédérthetőség egy olyan teremben, amely mellett vasúti közlekedés van, rosszabb, mint egy olyan teremben, ahol az átlagos hangnyomásszint ugyanakkora, de az épület közút mellett áll. Ez az eltérő frekvenciajellemzőkből is adódik, hisz a vasúti zaj általában alacsonyabb frekvenciájú. Azt is hozzá kell tenni az előbbiekhöz, hogy mérési szempontból a közúti forgalmas utakhoz képest, melyek állandó szintű zajjal bírnak, a vonatok elhaladása rövid lefolyású, a háttérzajból jobban kiemelkedő értéket mutat. (Póta Gy., 2006)

**A repülési és reptéri zaj** a repülőterek (polgári, katonai és sportrepülőterek) közvetlen környezetében lakó emberek számára okoz sokszor elviselhetetlennek mondott zajpanaszokat. A gépek jellemzőin túl a forgalom nagysága, összetétele, évi és napi megoszlása is nagyon fontos. Európában és például Ferihegyen is, a légi forgalom mintegy másfél évtized alatt a duplájára nőtt (8.3.1. ábra).



8.3.1. ábra: A Ferihegyi repülőtér fel- és leszállásainak száma, 1992–2006.  
(Forrás: Balázs Rita (2008): A Ferihegyi repülőtér környezeti hatásai, különös tekintettel Budapest XVIII. kerületére)

A repülőgép a legnagyobb hangteljesítménnyel rendelkező közlekedési eszköz, a sugárhajtású gépek zajszintje kb. 120-130 dB-es. A repülő zaja felszálláskor fokozatosan növekszik a maximális szintig, távolodásával egyre csökken, míg bele nem veszik a környezet háttérzajába. A zajból adódó problémák elsősorban a repülőteret és annak környékét érintik.

Kísérletek bizonyították, hogy egy repülőgép közeledése és távolodása közben fellépő zaj nem egyforma. Az érkező gép zaja többségében magas hangú (nagyfrekvenciás), az induló főleg mély hangú (kisfrekvenciás). Ennek oka az áramlástanban megismert Doppler-effektus mellett a gép különböző zajforrásainak helye és kisugárzási jellemzői.

A zaj minősége függ a géptípustól, annak felépítésétől és hajtóművétől is. Például eltérés tapasztalható egy helikopter, valamint a turbólégsaváros, a sugárhajtású és a légsaváros repülő által kibocsátott zajok milyenségében. Légsaváros repülőgépeknél és helikoptereknél a légsavárosok a domináns zajkibocsátók. Gázturbinás, sugárhajtóműves típusok esetén a turbina működésének összetett zaja, a lehangosabb katonai gépeknél (ha van) az utánégető kiáramló gáz sugara adja a legerősebb zajt. Ez utóbbi, vélhetően, különösen nagy terhelést eredményezett az 1980-as évekig Kiskunlacháza, Tököl, Sármellék, Kunmadaras, Debrecen, Pápa, Taszár, Kecskemét repülőterein és a kijelölt gyakorlólégterekben, ahol a Szovjet Frontlégierő és a Magyar Néphadsereg honi légvédelmi egységei fordultak meg.

### 8.3.2. Üzemi zajok

A hazai terminológiában ide tartozik minden zajt előidéző termelő- és szolgáltatótevékenység, a telephelyek, gépek, berendezések és a telephelyhez kötött járműhasználat is.

**Ipari zajok.** Az ipari (pl. szövő-, fonó-, fa- és vasipari) üzemek által kibocsátott zajok általában koncentráltan jelentkeznek. **Az ipari zajokat mechanikai és áramlástechnikai eredetű zajokra szokás osztani.** Az első csoportba olyan zajok tartoznak, amelyek szilárd testek rezgőmozgása következtében jönnek létre. Ide tartoznak a gépek működésének következtében rezgőmozgást végző alkatrészek, valamint az erőátvivő egységek és a szállítóberendezések zajai (például szállítószalagok).

Az ipari zajok másik csoportja áramlástan, azaz hidro- és aerodinamikai eredetű. Ha az áramlás sebessége egy kritikus értéket meghalad, az áramló közegben nyomáscsökkenés lép fel. Ennek következménye az áramlás turbulenssé válása, örvényképződés, amelynek eredményeként az áramlás okozta zajok a 120-130 dB-es intenzitásszintet is elérhetik. Áramlástan zajforrások a pneumatikus gépek, ventilátorok, szivattyúk, turbinák, turbófűvők, vízvezetékek. Hazánkban a rendszerváltozáskor az egykori nehézipari nagyüzemek leépülésével, valamint az ipari szerkezetváltással ez a probléma jelentősen mérséklődött. Ezzel szemben a lakókörzetekben jelentősen nőtt azoknak a kisvállalkozásoknak a száma, melyek jelentős zajkibocsátóvá és sok lakossági panasz célpontjává váltak. (Czira T. 2000)

**Az építkezési zaj.** Az építkezések, felújítások, bontási tevékenység által okozott zaj általában nem tartósan jelentkezik, de a hatásideje alatt rendkívül kellemetlen. A legzajosabb gépek (a légalapácsok, vésők, fűrők) és munkamódszerek (vasalkatrészek dobálása, állandó teherszállítás stb.) nemegyszer 120-130 dB hangteljesítményű építkezési zajszintet hoznak létre, amely akár két kilométeres körzetben is meghaladhatja az egyéb zajok szintjét. Nem véletlen tehát, hogy az EU-ban kiadott zajvédelmi irányelvek zöme az építőgépek zajkibocsátását szabályozta. (Póta Gy. 2006)

**Egyéb üzemi zajok.** A külszíni bányászat nagyteljesítményű, hatalmas célgépeinek és a robbantásos bányaművelésnek a zaja is igen nagy távolságra eljuthat, és a környezeti zajok egyik legveszélyesebb fajtája közé tartozik.

A katonai tevékenység zajait is sokan az üzemi zaj kategóriájába sorolják. A békeidős tevékenység a hadgyakorlatok, gyakorló légvédelmi tevékenység, lövészetek zajkibocsátása alkalmoszerű, de jelentős zajszenyező hatású. Magyarországon a nagy gyakorlóterek (például Veszprém-Hajmáskér), illetve a garnizonvárosok (Debrecen, Hódmezővásárhely, Szolnok, Tata) térségében jelentkeznek napjainkban ilyen zajok.

### 8.3.3. A szabadidős tevékenységgel összefüggő zajok

Viszonylag új kategória a hazai zajvédelemben. A kulturális, szórakoztató-, vendéglátó-, sport- és a helyi hangosítás (például reklám) berendezéseinek kibocsátását értjük ez alatt. A szabadidő eltöltését kellemessé tevő különböző elektroakusztikai berendezések használata egyben sok panasz forrása is. A pop-rock és egyéb könnyűzenei koncertek, a szabadtéri rendezvények, nagygyűlések, szórakozóhelyek hangosítóberendezései mind jelentős zajforrások lehetnek. Példaként kiemelhetők napjainkban a nagy könnyűzenei fesztiválok (Sziget, Volt, Hegyalja, Balaton Sound stb.).

Az elektroakusztikai berendezéseknél külön meg kell említeni a diskmant vagy legújabbban az MP3, MP4 digitális hang- és videofájlok hordozható lejátszóit, amelyekkel az emberek nem környezeti zajt okoznak, de önmaguknak könnyen előidézhethetnek maradandó halláskárosodást.

A sporttevékenységek közül a legzajosabbak a technikai (autó-motor) sportok és a lövészet. A vízi sportok közül a motorcsónakok és jetski-k által keltett hangok a legzavaróbbak. A sportpályák, stadionok zajkeltése viszont kisebb gondot okoz. (Czira T. 2000)

### 8.3.4. Az épületen belüli zajok

Az épületekben, különösen a lakóépületekben (mint védendő objektumokon) tartózkodó embereket az épület környezetében és belsejében működő források zaja egyaránt terheli. Az épületeken, lakásokon belüli zajforrások, mint a vizesblokkok, fűtőberendezések, klímaberendezések, villamos motorok, liftek zajhatásait, valamint a rosszul szigetelt lakások között áthallatszó háztartási gépek (pl. mosógép, fűrógép stb.) említjük itt meg. Új jelenség, különösen nagyvárosok belvárosi bérházai esetén, számos, esetenként zajos szolgáltatótevékenység betelepülése (táncterem, fitneszterem, nyelvtúdió).

A hangos szórakoztatóelektronikai készülékek (tévé, rádió, DVD- és CD-lejátszó), az áthallatszó lépések és az esetleges kiabálás zavaró hangjait az épületen belüli kommunális zajoknak tekintik. Ezeket az egyéb zajokat nem mindig sorolják a környezeti zajterhelések közé. Megítélésük a leginkább szubjektív és egyénfüggő.

Az Európai Unió zajsabályozása elkülöníti még a kültéri gépeket mint jelentős zajkibocsátó forrásokat (pl. kompresszorok, áramfejlesztő generátorok, fű- és sövénynyírók stb.).

**A zajforrásokat egymáshoz viszonyítva az egyes értékelésekben** nem meglepő rangsorokat figyelhetünk meg. A közúti közlekedés okozta zajt általában agresszívnek tartják, és leginkább terhelő hatásúnak vélik. A REFLEX Környezetvédelmi Egyesület (1990-es évek közepe) hazai felmérése szerint a lakosság sorrendben a következő zajforrásokra panaszkodik, illetve tesz bejelentést az önkormányzatoknál:

- 1) közúti közlekedés,
- 2) zenés szórakozóhelyek,
- 3) szomszéd által keltett zajok,
- 4) közeli gyár, műhely, üzem ipari zaja,
- 5) üzletek hűtőberendezései, benzinkutak (mosók, porszívók) (Czira T. 2000)

Az OECD 2000. évi országértékelése szerint Magyarországon a közlekedés okozta zajártalom komoly probléma, hiszen

- a lakosság több mint 50%-a (5 millió fő) magas zajszintű területen él (65 dB<),
- 80%-uk (4 millió fő) számára a közúti közlekedés a legnagyobb problémát okozó zajforrás – a vasút csak 8-10%-ot zavar,
- a légi közlekedés 2000-ben nem volt jelentős probléma országosan – bár azóta Budapesten és térségében már kezd azzá válni, például: Ferihegy, Tököl térségében.

Az Európai Unióban 2006-ban végzett becslés alapján a következő zajterhelés, illetve zajszennyezés éri a lakosságot (lakossági arányok):

<55 dB	– 28,9%
55–60 dB	– 26,9%
60–65 dB	– 21,9%
<b>65–70 dB</b>	<b>– 14,7%</b>
<b>70–75 dB</b>	<b>– 6,2%</b>
<b>75 dB &lt;</b>	<b>– 1,4%</b>

Vagyis az Európai Unióban is a lakosság összesen majdnem negyedét éri súlyos (65 dB<), illetve kritikus (70 dB<) zajterhelés (Berndt M., 2007).

#### 8.4. A zajvédelmi politika eszközei

A nemzetközi és hazai zajvédelmi tevékenység legfontosabb eszközeit, tevékenységét három nagy csoportba lehet besorolni:

- tervezési és szabályozási eszközök,
- konkrét beavatkozások megalapozása és végrehajtása,
- horizontális intézkedések (kutatás, fejlesztés, oktatás, szemléletformálás stb.).

Ezek rövid bemutatására vállalkozunk a következőkben kiemelve és részletesebben bemutatva a konkrét beavatkozásokra vonatkozó jellemzőket.

##### 8.4.1. Tervezési és szabályozási eszközök

A **zajvédelmi tevékenység tervezéséhez** nagyon fontos ismerni az adott területi egység vagy település zajhelyzetét. Ennek feltárása után kerül sor az adott tervezési időszakra vonatkozó célok és célkitűzések, majd a prioritások (kiemelt célok) megfogalmazására. A tervezés feladata a feladatok eszköz- és felelősi rendszerének megtervezése is.

Az aktuális hazai környezetvédelmi tervezési alapküldetés, a **3. Nemzeti Környezetvédelmi Program** (2009–2014) külön végrehajtási programot, úgynevezett tematikus akcióprogramot szentel a települési környezetminőség és azon belül a zajhelyzet javításának. Települési szinten a **települések települési környezetvédelmi programja** kötelezően kell, hogy tartalmazzon **zajvédelmi munkarészt** is. Ezen túl a **települési szerkezeti tervben** (korábban általános rendezési terv volt a neve), mely többek közt adott településrészek beépíthetőségét, használatát korlátozhatja, van lehetőség speciális területi kategóriák kijelölésére. Ezek egyike az úgynevezett **csendes övezet**, mely zajvédelmi szempontból foko-

zott védelmet igénylő intézmények (például kórház, iskolák, szociális létesítmények) köré tervezhető, és például bármilyen nagy zajjal járó tevékenység betelepítését az övezetbe ez alapján meg lehet tagadni.

A **szabályozási tevékenységben** egyrészt fontos annak megállapítása, hogy milyen szervek milyen feladatokkal és eszközökkel léphetnek fel a zajvédelemben. Ma hazánkban egyrészt ezt a környezetvédelmi kerettörvény (1995/LIII. Tv.) másrészt egy új zajvédelmi kormányrendelet (284/2007.) határozza meg. A legfontosabb **hatóságok** közé tartoznak a **Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőségek**, melyeknek meglehetősen sok feladata van a zajvédelemben is. Ezek közül kiemeljük a környezetvédelmi engedélyezés és a hatósági ellenőrzés, továbbá a bírságolás feladatköreit. **Hatáskörük a termelő (főleg ipari) létesítményekre terjed ki.**

A települések maguk is hozhatnak saját jogszabályt, például **helyi zajrendelet formájában**. Fontos kiemelni, hogy az országos jogszabályt nem írhatják felül, csak szigoríthatják azt. A **települési zajvédelmi hatósági feladatokat a kistérségi székhely jegyzője látja el szolgáltató-** (például vendéglátó-ipari) és **lakossági létesítmények** esetén. Ezeket rendszeresen ellenőrizheti, számukra határértékeket állapíthat meg, zajos tevékenység esetén figyelmeztethet, bírságot szabhat vagy a tevékenységet korlátozhatja, például zenés szórakozóhelyet akár be is zárathat.

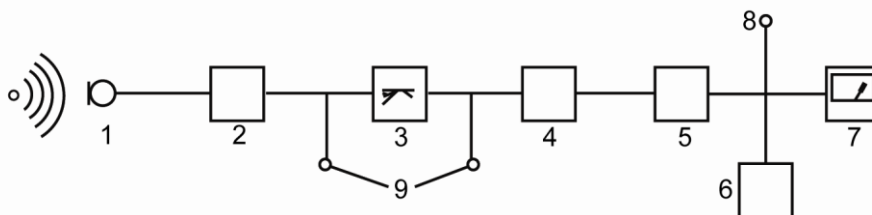
**Nagyon lényeges a határértékek**, vagyis azon felső limitek megállapítása, amelyeket akár kibocsátási oldalon (például eszközök, gépek; emissziós, forrásoldali megközelítés) vagy védendő létesítményekben (például lakóházakban; immissziós, terhelésoldali megközelítés) be kell(ene) tartani. **Ezek közül a legfelső határértékek az egészségügyi limitekhez igazítottak, hiszen nappal 65 dB, éjszaka 55 dB a legfelső megengedett határ**, de lakóövezetekben általában csak 45 dB nappal, illetve 35 dB éjjel ez az érték (8/2002. KöM-EüM, illetve 93/2007. KVVM rendelet).

**Közgazdasági eszközök** is vannak ma már a hazai zajvédelemben, például a ferihegyi repülőtéren engedéllyel leszálló, de a megállapított határértékeket átlépő gépek tulajdonosait ún. zajterhelési díj fizetésére kötelezik, mely összegekből a repülőtér térségében több esetben támogatták (támogatások) nyílászárók cseréjét.

A **műszaki szabályozók** közül szabvány egységesíti (MSZ 18150-1) például a zajok és rezgések vizsgálatát.

#### 8.4.2. Konkrét beavatkozások megalapozása és végrehajtása

Mindenféle zajvédelmi beavatkozást célszerű, hogy **mérések** előzzenek meg. A fő cél, hogy objektíven igazolható legyen például a zajszennyezés. Ehhez különféle zajszintmérő műszereket alkalmaznak. A műszerek általános működési elve a következő (8.4.1. ábra):



8.4.1. ábra: A hangszintmérő vázlatos felépítése  
(Forrás: Moser–Pálmay: A környezetvédelem alapjai Bp. 1999. p. 385.)

A mikrofon (1) veszi a hangokat, és elektromos jellé alakítja, melyeket több körben erősítőberendezések (2, 4) juttatnak a mérőegységhez és a kijelzőkhöz. (6, 7) Az úgynevezett súlyozószűrő (3) feladata, hogy az emberi hallás érzékelési tartományai (frekvenciában, erősségben) közé szűkítse a műszer mérési tartományát. Ezt nevezzük „A” hangnyomásszintnek (dB[A]). Más típusú szűrők viszont alkalmasak lehetnek arra, hogy az emberi hallástartományokon túli hangok mérését lehetővé tegyék (például küszöb alatti, infra- vagy ultrahangok). Eközben a műszer rögzítheti a maximálisan mért dB-értéket ( $L_{Amax}$ ) is, ez a tartóáramkör feladata (6). A mai mérőműszerek mindegyike képes rá, hogy az adatokat külső adathordozókra is továbbítsa. (8) (Moser–Pálmai 1999)

Zajmérést napjainkban is, akárcsak az 1980-as évektől, bejelentésre, eseti jelleggel végzi/végezteti el a hatóság (felügyelőség vagy a települési önkormányzat). A legtöbb mérés ma is így készül.

A hazai zajhelyzet átfogó felmérését például 1995-ös kezdettel egy európai uniós (PHARE) társfinanszírozású, 2000-ig tartó felmérési programban kezdték meg. Az összesen 180 mérőpontot főleg nagy forgalmú főutak mellett jelölték ki, különös tekintettel a nagyvárosi szakaszokra. Nappal a mérőpontok 64%-ánál (65 dB <), éjjel a mérőpontok 92%-ánál (55 dB <) tapasztaltak súlyos zajszennyezést. (Adatok 2005., KVVM).

Hazánkban állandóan telepített zajmérő rendszer csak a ferihegyi repülőtérén működik, hat fixen telepített mérőponttal, illetve mobil eszközökkel. A mérések az 1980-as évek óta folynak, de a jelenlegi rendszer 2004 óta üzemel (8.4.2. ábra).



8.4.2. ábra: Az állandó zajmérő állomások elhelyezkedése Budapesten (Forrás: Balázs R., 2008)

Az úgynevezett **stratégiai zajtérképek** elkészítését egy új európai uniós rendeletcsomag írta elő, melynek alapja: a 49/2002 EK irányelv, mely a stratégiai zajtérképek és hozzájuk tartozó intézkedési terv készítésének kötelezettségéről szól. Az intézkedés lényege, hogy egységesen (!), európai szinten a kritikus objektumokra (jelentős zajforrásokra) és a nagyvárosi agglomerációkra (100 000 fő felett, 2012-ig) egy-egy megbízható és összehasonlítható zajtérképsorozat és (zaj)adattábazis készüljön. Kritikus objektumok a nagy forgalmú közutak, vasútvonalak és repülőterek, illetve az agglomerációkban még a nagyüzemek. A térképeknek és a belőlük képzett adattábazisoknak alapul kell szolgálniuk a jelentősebb zajforrásokra vonatkozó közösségi intézkedések és helyi intézkedési tervek fejlesztéséhez. Fontos, hogy mindez a széles közvéleményhez is eljusson.

Stratégiai zajtérkép alatt egy agglomerációra (például a budapestire) 16 különféle térképfedvényt kell készíteni. (Közúti, vasúti, légi közlekedési, üzemi zaj külön-külön egész napra (0–24 h), illetve külön-külön csak éjszakára (22–08 h). A zajokat pedig nemcsak zajterhelési térképeken (8 db), hanem úgynevezett konfliktustérképeken (8 db) is ábrázolni kell. A [konfliktustérkép](#)ek lényege, hogy csak a meghatározott, úgynevezett küszöbértékek (például közlekedésnél 63 dB<; 55 dB<) feletti zajterhelést jelölik, így a kritikus területek kijelölésén túl megfelelő skálázással a kritikus területek közt is különbséget tesznek. A zajtérképezés nem zajmérések alapján (nincsenek immissziós adatok), hanem számos alapadattól (geodéziai, emissziós, forgalomadatok, felszíni beépítettség, népességi stb.) számítások alapján készülnek egy elméleti négyméteres magasságra. (8.4.3., 8.4.4., 8.4.5. ábra) Viszonylag pontos értéket szolgáltat az adott területen zajhatásnak kitett embe-  
rekről, illetve közösségi létesítményekről (iskolák, kórházak). Stratégiai attól, hogy:

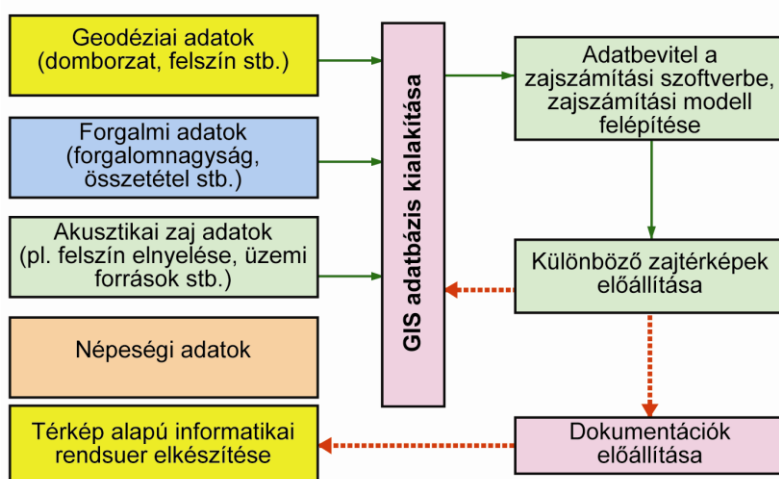
- **csak jelentős zajforrásokat vesz figyelembe** (a szomszéd vagy a közeli szórakozóhely nem szerepel rajta), viszont ezek hatását és hatásterületét jól mutatja,
- **nagy területegységekre készül, térségi problémákat kezel**, és a legkritikusabb helyszínek lokalizálását lehetővé teszi,
- **éves forgalomra és működésre készül**, információt ad a lakossági és érzékeny területek érintettségéről,
- **célja az intézkedési terv megalapozása**, és a közérthető kommunikáció.

Éppen ezért nem alkalmas:

- helyi, kis kiterjedésű zajproblémák bemutatására,
- a teljes agglomerációs terhelési helyzet bemutatására (forráscsoportonként külön-külön készülnek a térképek),
- tényleges zajhatások rövid távon és kis területen való megjelenítésére (például építkezések zajhatása).

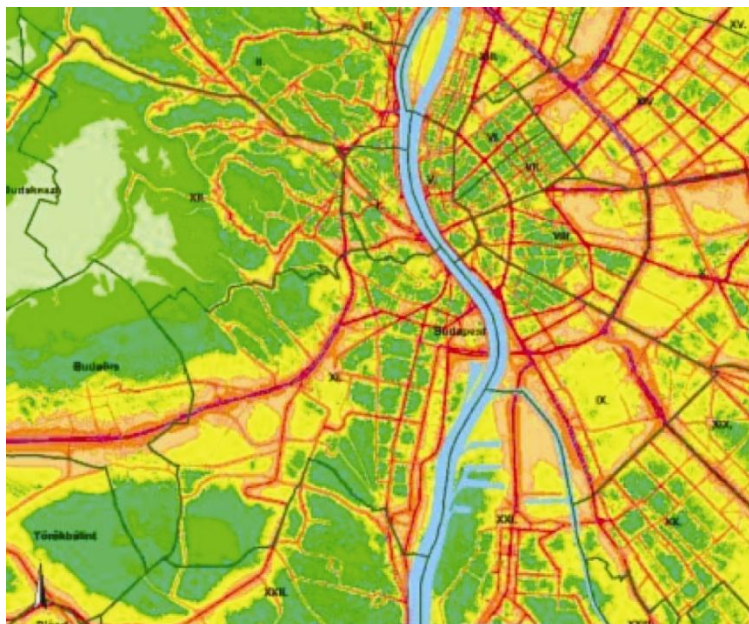
Budapestre és Ferihegyre külön, 2007-ben készült a stratégiai zajtérkép és 2008-ra az intézkedési tervek, melyeket a szakértők az egyes önkormányzatok (Budapest + 21 település az agglomerációs térkép esetén) javaslatai alapján állítottak össze (Berndt M., 2007).

A zajtérkép előállításának folyamata



8.4.3. ábra: A zajtérkép előállításának folyamata.  
(Forrás: Muntag András (2008) EnviroPlus Kft.)

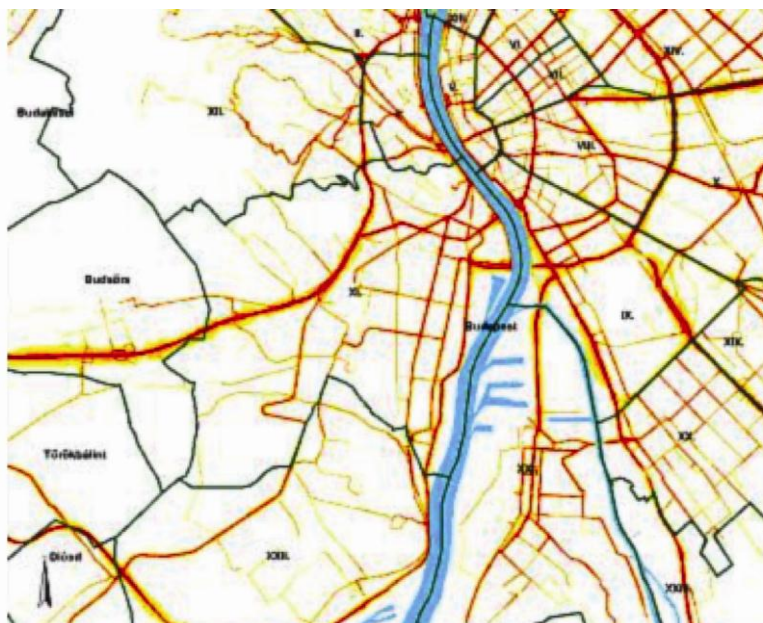




Budapest - közúti zajterhelési térkép - éjjel (2006)

Forrás: [http://terkep.budapest.hu/website/zajterkep\\_html/zaj\\_index.htm](http://terkep.budapest.hu/website/zajterkep_html/zaj_index.htm)

8.4.4. ábra: Budapest – közúti zajterhelési térkép – éjjel (2006)  
(Forrás: Budapest interaktív stratégiai zajtérképe)



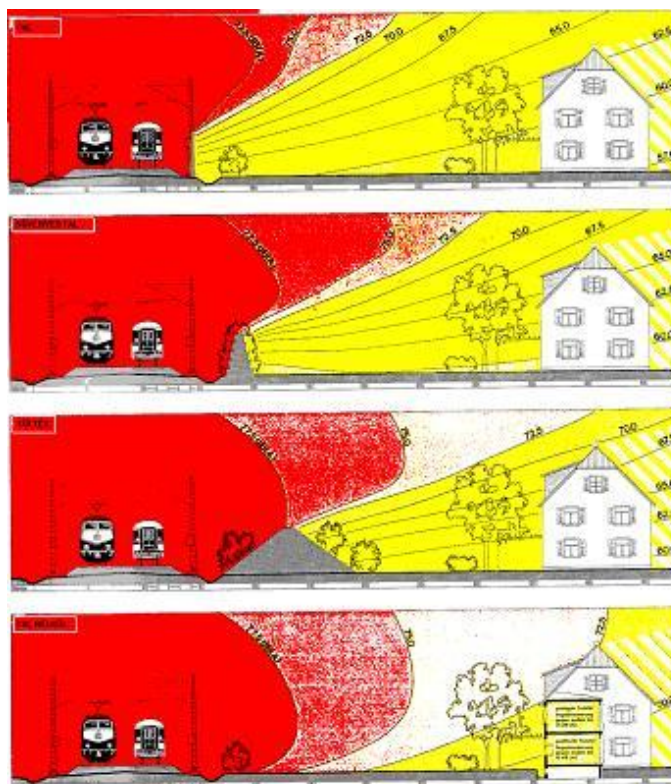
Budapest - közúti konfliktustérkép - éjjel (2006)

Forrás: [http://terkep.budapest.hu/website/zajterkep\\_html/zaj\\_index.htm](http://terkep.budapest.hu/website/zajterkep_html/zaj_index.htm)

8.4.5. ábra: Budapest – közúti konfliktustérkép – éjjel (2006)  
Forrás: Budapest interaktív stratégiai zajtérképe

A konkrét zajvédelmi beavatkozási módszerek többféleképpen is csoportosíthatóak. Az egyik nagy csoport az úgynevezett **adminisztratív intézkedések** köre. Ide például a forgalomszervezési intézkedések (például közúti forgalom sebességének, nagyságának,

összetételének, időbeli lefolyásának befolyásolása, szabályozása) tartozhatnak. Például a teherforgalom hétvégi kitiltása a belvárosi zónákból vagy a bevezető autópálya-szakaszok éjszakai sebességkorlátozása lehetnek erre további példák. A légi közlekedésnél a repülési műveletek számának, illetve arányának éjszakai korlátozása is idetartozik, amelyet Ferihegyen is alkalmaznak. A másik nagy csoport a **műszaki megoldásoké**. Ezen belül az **aktív** műszaki beavatkozások a hangforrás zajkibocsátását csökkentik gépészeti vagy konstrukciós módszerekkel. Például a járműmotorok, gázturbinák hangkibocsátásának mérséklése új vagy modernizált modellek piacra dobásával. A **passzív eszközök, módszerek** segítségével a védendő objektumokban próbáljuk mérsékelni a zajszintet (8.4.6 ábra). Jó példái ezeknek a **zaj terjedését akadályozó eszközök** építése (zajárnyékoló falak, földtöltések, növényvédő sávok telepítése). Ezeknél jelentősen eltérő 4–15 dB közötti zajscsökkentés jellemző a gyakorlatban. Másrészt a közútnál a **csendes burkolatok (suttogó aszfalt)**, tehát vízáteresztő, nagy hézagtartalmú burkolatok 4–6 dB-lel csökkenthetik a gördülési zajt. Az **utak részleges vagy teljes fedése** komolyabb eredményekkel kecsegtet (minimum 15 dB), így különösen kritikus helyzetű lakókörnyezetekben használható, de jelentős beruházási igénye van. Természetesen más zajforrásoknál is alkalmazhatóak zajvédelmi intézkedések, az üzemeknél a gyártócsarnokok, berendezések utólagos szigetelésétől az egyéni védőfelszerelések biztosításán át az új, zajszegény technológiák megvásárlásáig vagy az új telephelyre költözésig terjedhet a paletta.



8.4.6. ábra: Különböző passzív zajvédelmi eszközök (zajárnyékoló fal, vegetatív zajárnyékoló fal, földtöltés) alkalmazása kötöttpályás közlekedési zajhatások csökkentésére  
(Forrás: Bite Pálné (2000): Közlekedési zajvédelem)

### 8.4.3. Horizontális intézkedések

A horizontális intézkedések közül a legfontosabbak a zajcsökkentési kutatások, szolgáltatások, illetve a zajvédelemmel összefüggő oktatás és szemléletformálás támogatása. Ez megvalósulhat nemzetközi együttműködésben is (például a stratégiai zajtérképezés módszereinek kidolgozása).

Az egyik legfontosabb kérdés természetesen a lakossági magatartás és szemlélet formálása. Néhány szempont a zajmentes életvitelhez:

- A gépek, berendezések egyéb fogyasztási cikkek **vásárlásánál** fontos, hogy a zajjellemzők is szempontok közt legyenek. A meglévő berendezések, járművek **karbantartásáról** ne feledkezzünk meg!
- Zajos berendezéseinket **utólag is (zaj)szigetelhetjük**. (például mosógép rugalmas talpon való elhelyezése, testhangszigetelés). A léghangszigetelés esetén például nagy hanggátlású födémekekkel, álmennyezetekkel, járólappal, nyílászárókkal lehet csökkenteni az épületen belüli zajterjedést.
- **Nagyon lényeges az empatikus viselkedés és a kommunikáció**. Szomszédainkat például időben tájékoztassuk építési, felújítási munkáinkról. A munkálatok időbeli ütemezését alaposan gondoljuk át, pihenőidőben ne zavarjunk más érintetteket.
- Háziállat tartását alaposan fontoljuk meg.
- A zenehallgatási szokásaink esetén bizonyosodjunk meg róla, hogy nem zavarunk másokat.

## 8.5. Függelékek

### 8.5.1. Bibliográfia

- Fodor István: Környezetvédelem és regionalitás Budapest-Pécs Dialog-Campus pp.224-235., 2001.  
 Moser Miklós-Pálmai György: A környezetvédelem alapjai. Budapest Nemzeti Tankönyvkiadó pp. 359–413., 1999.  
 OECD: Környezetpolitikai Vizsgálatok – Magyarország Budapest OECD-KVVM pp. 165-181., 2000.  
 Póta Györgyné: Zajosak vagyunk. Budapest KVVM 24.p., 2006.

#### *További felhasznált irodalom:*

- Adatok hazánk környezeti állapotáról. Budapest, KVVM, 2005  
 Balázs Rita: A Ferihegyi repülőtér környezeti hatásai, különös tekintettel Budapest XVIII. kerületére. (Diplomamunka, ELTE TTK Társadalom- és Gazdaságföldrajzi Tanszék), 2008.  
 Berndt Mihály: Részletes háttér-információ a környezeti zaj értékeléséről és kezeléséről szóló 280/2004. Korm. rendelet végrehajtásához. 12. p., 2007.  
[terkep.budapest.hu/website/zajterkep-html/doc/zajterkep\\_reszl.pdf](http://terkep.budapest.hu/website/zajterkep-html/doc/zajterkep_reszl.pdf)  
 Bite Pálné: Közlekedési zajvédelem Budapest, Közlekedéstudományi Intézet Rt., Környezetvédelmi és Akusztikai Tagozat p. 16., 2000.  
 Bogár Andrea: A hallás (egyetemi előadás bemutatója, letöltés: 2011. 01. 26.).  
[www.kozgazd-veszprem.sulinet.hu/tanar/Bogár%20Andrea/.../Hallás.ppt](http://www.kozgazd-veszprem.sulinet.hu/tanar/Bogár%20Andrea/.../Hallás.ppt)  
 Czira Tamás: Magyar és európai uniós zajvédelmi tevékenység és politika az ezredfordulón (oktatási segédlet) ELTE TTK Társadalom- és Gazdaságföldrajzi Tanszék, 2000.  
 Göbel Gergely Budapest stratégiai zajtérképezése és főbb tanulságai (Diplomamunka, ELTE TTK Társadalom- és Gazdaságföldrajzi Tanszék), 2009.  
 Kiss Nóra: A stratégiai zajtérképezés hazai tapasztalatai (Diplomamunka, ELTE TTK Környezettudományi Centrum), 2010.  
 Muntag András: Új eszköz a zaj ellen: a stratégiai zajtérképezésről. 2008.  
 EnviroPlus Kft. (2008. őszén meghívott előadóként tartott előadás a Települési környezetvédelem c. tárgy keretében.)

### 8.5.2. Fogalomtár

**Hallásküszöb:** az (átlagos) emberi füllel érzékelhető legkisebb hangnyomás (20 mikropascal).

**Hang:** fizikai fogalomként, mechanikus rezgőrendszer által keltett, rugalmas közegben terjedő hullám, mely az emberben vagy élőlényben hangérzetet kelt.

**Hangforrás:** minden olyan test vagy közeg, mely a vele közölt energiát hanggá alakítja.

**Hangintenzitás:** a felületegységre jutó hangteljesítmény ( $W/m^2$ ).

**Hangnyomás:** a hangrezgések által a közegben keltett váltakozó nyomás, mértékegysége Pascal.

**Hangteljesítmény:** a hangforrás által időegység alatt kisugárzott, adott felületen mérhető hangenergia wattban (W) kifejezve.

**Konfliktustérképek:** csak a meghatározott, úgynevezett küszöbértékek (például közlekedésnél 63 dB<; 55 dB<) feletti zajterhelést jelölik, így a kritikus területek kijelölésén túl megfelelő skálázással a kritikus területek közt is különbséget tesznek.

**Zaj:** a környezetvédelemben, függetlenül annak hangosságától vagy erősségétől, minden olyan hang zajnak tekinthető, mely nemkívánatos fiziológiai vagy pszichológiai hatással van egyes emberekre vagy embercsoportokra.

## 9. A KÖRNYEZETVÉDELMI SZABÁLYOZÁS KIALAKULÁSA (ANGYAL ZSUZSANNA)

### 9.1. A környezetvédelem nemzetközi története

A környezetvédelem mint fogalom, mára a mindennapjaink részévé vált, nap mint nap találkozhatunk vele a médiában, a politikai és társadalmi fórumokon, de a köznapiság ember életét közvetlenül is egyre jobban befolyásolja a környezetvédelmi kampányok és szabályozások révén. Sokan nem is gondolnák, hogy a környezeti értékek védelmének felerősödése csupán az elmúlt 40 évre jellemző, azaz a szabályozásának a története sokkal rövidebb, mint a gazdasági-társadalmi élet vagy az ahhoz kapcsolódó jogi szabályozás bármely más területénél. Az intézményes környezetvédelem és számos új tendencia kezdetét nemzetközi téren az ENSZ 1972-es [Stockholmi környezetvédelmi világértékezetlet](#)től számítjuk. A következő állomás az 1992-ben, szintén az ENSZ szervezésében megrendezésre kerülő [Környezet és Fejlődés Világkonferencia](#) volt Rióban. Ezen az értekezleten alapvetően megváltozott a környezetvédelmi szemlélet, a rendezvény legfontosabb célkitűzése a „[fenntartható fejlődés](#)” megvalósítása lett. Ennek lényege az, hogy a folyamatos gazdasági fejlődést úgy kell elérni, hogy közben tekintettel legyünk a környezet értékeire, érdekeire is, vagyis a gazdasági növekedés csak a környezet megóvásával együtt legyen értelmezhető.

A környezetvédelem iránti igény felerősödése – nem véletlenül – az 1970-es évek elején kezdődött. Egészen a 20. század derekáig a környezetvédelmi problémák tulajdonképpen nem is jelentek meg, éppen ezért ekkor még külön környezetvédelmi szabályozásra nem is volt szükség. Ugyanakkor már az 1700-as évekből, sőt már az ókorból is maradtak ránk olyan jogszabályok, amelyek más célokat szolgáltak ugyan, de mintegy melléktermékként környezetvédelmi jelleget is hordoztak. Ilyen volt például III. Károly 1729-es, elsősorban a vadászat érdekeit szolgáló dekrétuma, melyben megtiltotta a vadászatot és a madarászatot az állatok szaporodási időszakában. Hasonló jellegű törvényt hoztak 1884-ben is, amelyben iparhatósági telepengedély kiadásához kötötték az olyan üzemek működését, amelyek valamilyen formában zavarják, veszélyeztetik vagy megkárosítják a közelben élőket. Mindezek alapján azt mondhatjuk, hogy a környezetvédelem gyökerei évszázadokra nyúlnak vissza, a szabályozás azonban ekkor még csak egy-egy elszigetelt problémára, illetve területre korlátozódott.

A környezetvédelem más területektől való mind nagyobb mértékű elkülönülése a 20. század második felében következett be. Ennek egyértelmű jele a mindinkább önállósodó szabályozás megjelenése, amely függetleníti magát az egyéb jogi rendelkezésektől, a problémakör egyszerre több elemére is vonatkozik, hatályát tekintve pedig regionális vagy globális méreteket ölt. Az 1950-es évek után a világszerte egyre gyorsuló gazdasági-technikai fejlődés hozományaként egyre szembetűnőbbé vált az addig csak kisebb mértékű környezetkárosítás, -szennyezés és -veszélyeztetés. Az ekkor napvilágra kerülő következményeket, amelyekkel évtizedekig senki sem számolt, az egyre korszerűbb és pontosabb vizsgálati módszerekkel a kutatók mind pontosabban tudták kimutatni. A politikai és a gazdasági élet szereplői mellett különböző társadalmi csoportok is magukénak érezték a problémát, így az 1960–70-es években számos civil kezdeményezés és tüntetés kezdődött a szennyező források bezárása és a környezet védelmének érdekében. Ez volt az az időszak, amikor az emberiség felismerte a környezetet érő hatások jellemzőit, melyeknek számos eleme meg-

határozó a jelenlegi és jövőbeli kezelést és szabályozást illetően. A teljesség igénye nélkül, íme néhány ilyen jellemző:

- az egykor csak az egyes környezeti összetevőket elszigetelten érintő emberi tevékenység ma már a mesterséges és a természetes környezet egészét áthatja,
- a környezeti hatások nem ismernek térbeli korlátot, az egykori lokális szennyezések mára regionálissá, sőt globálissá váltak,
- a káros környezeti hatások nemcsak térben terjedtek ki, hanem időben is elhúzódnak, sok esetben a szennyezésre a bekövetkezte után csak hosszú idővel derül fény, amely tovább nehezíti a kárelhárítást,
- az előbbieket követve a szennyezés hatásának előrejelzése, kiszámíthatósága is meglehetősen nehézé válik,
- a helyzetet tetézik az emberi mulasztások miatt bekövetkező balesetek potenciális veszélyei is.

A Föld országában az eltérő gazdasági-társadalmi fejlettség miatt különböző időpontokban jelent meg az igény az átfogó és a más területektől önállóan működő környezetvédelem iránt. Az első jelentős környezetvédelmi szabályt 1969-ben hozták az Egyesült Államokban [Nemzeti Környezetpolitikai Törvény \(NEPA\)](#) néven. Ezt követően az 1970-es évek első felében más országokban is sorra születtek a környezetvédelmi törvények, hazánkban 1976-ban.

## 9.2. A környezetvédelem hazai története

A környezetvédelmi szabályozás hazai történetét hasonlóképpen jellemezhetjük, mint a világ bármely más területén: a környezetvédelem érdekeit jobbra másodlagosként kezelő megközelítési mód, az egyes területek széttagoltsága és az egységes szemlélet teljes hiánya volt a meghatározó. A 70-es évek közepén az akkori tendenciáknak megfelelően merült fel az egységesítés gondolata, amelyet 1976-ban az emberi környezet védelméről szóló II. törvény követett. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy a hazai környezetvédelem tényleges története a már a 60-as években megalkotott, elsősorban vízjogi jogszabályokkal kezdődött. Ezek kiváltó okai az 1965-ben bekövetkezett balatoni halpusztulás, illetve a hazai folyók tragikus környezeti állapota voltak.

Bár az 1976-os törvény világszinten is korainak számított, a vonatkozó jogszabályok területén érdemleges változást nem hozott, hiszen kevés kivétellel nélkülözte a kötelező rendelkezéseket, többnyire elvi általánosságokat fogalmazott meg, ám a maga idejében még ezzel is, a régió hasonló jogszabályaihoz képest, haladóbb szelleműnek mutatkozott. Valódi jelentősége elvi megközelítésében rejlik, amely jó alapot adott a későbbi részletes környezetvédelmi szabályoknak. A tényleges szabályozás ebben az időszakban a különböző környezetvédelmi szakterületek keretében történt, ez az állapot egészen a rendszerváltozás utánig, az 1990-es évek elejéig fennmaradt. A korszak legfontosabb jellemzői a környezetvédelem jogi szabályozását illetően (Bánda et al., 1998):

- formailag a törvénynél alacsonyabb szintű szabályozás,
- más szabályozási területekhez történő integráció teljes hiánya,
- a környezetvédelem egyes részterületeinek eltérő mélységű megközelítése,
- számos fontos szabályozási terület (pl. hulladékgazdálkodás) elhanyagolása,
- a központi kormányzati munkamegosztás széttagolása,
- a megelőzés szemléletének teljes hiánya,
- a felelősségi eszközök erőtlensége,
- a háttérintézmények hiánya.

Az 1990-es években két lényeges változás történt a hazai szabályozásban: egyrészt bevezették az üzemanyagok környezetvédelmi termékdíját, amellyel egy eddig Magyarországon ismeretlen gazdasági ösztönző jelent meg, másrészt kötelezővé vált a környezeti hatásvizsgálat. Az évtized közepén született meg a jelenleg is hatályos, a környezetvédelem általános szabályairól szóló 1995. évi LIII. törvény, amelyet akár egy új korszak kezdetének is tekinthetünk.

A 2000-es években felgyorsult a szabályozás, köszönhetően az Európai Unióhoz történő csatlakozásunknak, és ennek folyamányaként az Unió felé tett ígérek betartatásának. Több új területen is eredményeket értünk el. Ezek közül ki kell emelni a hulladékgyűjtést, amellyel az eddigi szabályozás csak kevésbé foglalkozott, de számos más területen is átalakult a jogi szabályozás.

### 9.3. A környezetvédelem alapelvei

#### 9.3.1. A környezetvédelmi elvek csoportosítása

Bár a korszerű környezetvédelmi szabályozással szemben alapvető elvárás, hogy gyakorlati síkon kezelje a problémákat, ám ennek alapját az elvi kérdések tisztázása jelenti. Erre bizonyíték, hogy a jelenleg hatályos környezetvédelmi törvény (1995./LIII.) is külön fejezetben foglalkozik a környezet védelmének alapelveivel. Ezek alapvetően kettős funkciót töltenek be: egyrészt iránymutatást adnak a jogalkotás számára, másrészt eligazítást adnak a jogalkotási produktumok gyakorlati alkalmazásához (Bándi et al., 1998).

Az Európai Tanács szakértői csoportja 1994-ben véglegesítette a közép- és kelet-európai országok számára kidolgozott modell környezetvédelmi törvényét, amely tartalmazza és magyarázza is az alapelveket, és ezzel összefoglalja ama követendőnek tartott irányokat. Az itt felsorolt elvek a következők:

- a megelőzés és az elővigyázatosság elve,
- a tervszerűség elve,
- az együttműködés elve,
- a fenntartható fejlődés elve,
- a társadalmi részvétel elve,
- a környezeti információkhoz történő szabad hozzáférés elve,
- az állami felelősség elve,
- „a szennyező fizet” elv

A fenti elvek 3 nagy csoportba oszthatók:

- a. a környezetpolitika elvei: az egész környezetvédelem általános elveit szabják meg,
- b. jogi alapelvek: a környezetjogi rendszer felépítéséhez szükségesek,
- c. szakterületi elvek.

Számos elv több, esetleg mindhárom csoportban megtalálható, egyes elvek viszont sajátosak, csupán az adott csoportra jellemzőek.

A **környezetpolitika alapelvei** értelmezhetők nemzetközi és hazai szinten is. Az Európai Közösség 1973-ban fogadta el első környezetvédelmi akcióprogramját, melynek egyik legfontosabb része az alapelvek kidolgozása volt. Ezek között az elvek között már fellelhetünk az előbb felsoroltak közül néhányat (pl. „a szennyező fizet” elv, együttműködés elve), de az akcióprogram kitér például a fejlődő országok érdekeinek figyelembevételére vagy a környezeti nevelés fontosságára is. A magyar környezetpolitika első alapdoku-

mentumában, a **Nemzeti Környezetvédelmi Programban** (NKP, 1997) fogalmazza meg először alapelveit, melyek a következők:

- fenntartható fejlődés
- elővigyázatosság elve
- megelőzés elve
- partneri viszony
- gazdaszemlélet.

A Nemzeti Környezetvédelmi Program második változatában (2003–2009) már egységes rendszerben történik a környezetvédelem és a társadalmi, gazdasági környezet viszonyának vizsgálata. Kiindulási pontjának a fenntarthatóságot tekinti. Az elvek három fő irányvonalat képviselnek, melyekhez további elvek kapcsolódnak:

- a károkozók felelősségének alapelve
- a gondoskodás alapelve
- a hatékonyság alapelve.

A **környezetjogi alapelvek** ma is érvényesülő tendenciákon alapulnak, azok elméleti összegzései. Szerepük kettős: egyrészt iránymutatást adnak a jogalkotás számára, másrészt eligazítást adnak a jogalkalmazásban. Az Európai Unió környezetpolitikájának máig irányadó elvei, amelyeket a fentebb említett, 1994-es, az [Európa Tanács](#) által alkotott törvénymodell foglal össze. Az Egységes Európai Okmányba foglalva kötelező erővel bírnak a következő elvek:

- környezeti követelmények integrálása más politikai területekre
- környezetvédelem magas szintje
- megelőzés és elővigyázatosság
- fenntartható fejlődés
- megosztott felelősség
- szubszidiaritás elve.

A **szakosított elvek** lényege, hogy a környezetvédelmen belül egy-egy kisebb területnek az alapelveit fogalmazzák meg, amelyek így speciálisan csak arra a területre értelmezhetők. A szakosított elvek szintén értelmezhetők nemzetközi és hazai szinten is. Az előbbire példa a Biológiai Sokféleség Egyezmény, amely a biodiverzitás megőrzése érdekében fogalmazott meg egy alapvető nemzetközi környezetvédelmi alapelvet. Magyarországi példát szakosított alapelvre többek között a 2000. évi hulladékgazdálkodási törvényben találunk, amelyben a hulladékra vonatkoztattak az alapelvek közül többet is (pl. a megelőzés elve: a hulladék keletkezésével járó tevékenységet úgy kell végezni, hogy abból hulladék ne vagy a lehető legkevesebb származzon, és ezáltal csökkenjenek a környezeti ártalmak.

### 9.3.2. A megelőzés és az elővigyázatosság elve

A megelőzés a környezetvédelem legfontosabb elve, a szennyezés forrásánál való fellépést jelenti. Mindazon tevékenységek megalapozása során, amelyek a károsodás veszélyét hordozzák, el kell kerülni az olyan helyzeteket, amelyek esetleg a megelőzés alkalmazását követelik meg. A megelőzést kettős értelemben is használjuk: az ártalmak keletkezésének megelőzése mellett a károsító folyamatok további hatásai elleni fellépést is jelenti. Ennek az elvnek a legegyszerűbb jogi megvalósulása az engedélyezési eljárás. Ennek sajátos típusát jelenti a környezetvédelmi hatásvizsgálat, melyet az 1990-es években tettek kötelezővé hazánkban, és erre alapozva bármilyen beruházás megkezdéséhez környezetvédelmi engedély szükséges. A megelőzés elvének kiegészítő elve az elővigyázatosság, amelyet az elmúlt évtizedekben tettek hozzá. Egyenlőnek tekinthetjük az óvatossággal, körültekintéssel.



A megelőzés elvéhez képest már a károsodás veszélyére vezető tevékenységek megalapozása során el kell kerülni az olyan helyzetet, amely a következő lépést jelentő megelőzés alkalmazását követeli meg.

### 9.3.3. A tervszerűség elve

Az elmúlt évtizedekben egyre inkább nyilvánvalóvá vált, hogy a környezetvédelmi tevékenységekben tartós eredményt csak hosszú távú gondolkodással lehet elérni. A tervezés megköveteli a hosszú távú környezeti stratégia környezetpolitika kidolgozását, melyet elsősorban középtávú tervekben kell részletezni. A tervezés első lépcsőfoka a környezet aktuális állapotáról a lehető legtöbb információ összegyűjtése és elemzése. Ezután következik a célok kitűzése és az ehhez szükséges eszközök, intézmények, jogi és igazgatási keretek megfogalmazása. A tervezés utolsó fázisa az ellenőrzési lehetőségek beépítése a tervezés folyamatába. Nagyon fontos, hogy a tervezés a fokozatosság és a kiszámíthatóság gondolatát is magában foglalja.

A döntéshozatali szintek és a tervezés által átfogott környezeti érdekek alapján a tervezés négy lehetőségét lehet megkülönböztetni. Ez a rendszer nem jelenti feltétlenül az egyes szintek egymásra épülését.

Az **országos döntéshozatali szinten** a környezetvédelmi törvény szerint a Nemzeti Környezetvédelmi Program (NKP) adja meg a keretet a további tervezés számára. Az NKP-t a mindenkori kormány dolgozza ki, és az országgyűlés fogadja el 6 évre. Az első ilyen programot 1997-ben fogadták el.

A tervekészítésnek még két lépcsőjét tartalmazza a környezetvédelmi törvény: a regionális (vagy területi) és a helyi (vagy önkormányzati) döntéshozatali szintet. A **regionális program** csupán lehetőség, amelynek leggyakoribb megvalósulása több önkormányzat összefogása és közös program kidolgozása. A települési önkormányzatok a települési rendezési tervvel összhangban kötelesek önálló **települési környezetvédelmi programot** készíteni. A megyei önkormányzat szintén készít környezetvédelmi programot, a települési önkormányzatokkal egyeztetve.

Az előző három szint mellett létezik még egy negyedik, **vállalati szint** is. Az itt kialakított átfogó környezeti terv vagy környezetpolitika nem feltétlenül kapcsolódik szervesen más tervezési szinthez, de a kapcsolat kialakulhat.

### 9.3.4. Az együttműködés elve

Az együttműködés elve elsősorban az állam, illetve szervei, a környezethasználó és a társadalom közötti összefüggésben értelmezhető. A környezetvédelmi érdekekről való gondoskodás mindenkinek kötelessége és joga is egyben. Ezek a jogok és kötelezettségek legjobban akkor érvényesíthetők, ha az érintettek egymásra tekintettel tevékenykednek, együttműködnek. Az együttműködés elvének lényege, hogy elehetővé teszi a megegyezést.

Az együttműködés elve nemzetközi szinten is értelmezhető. A nemzetközi együttműködések kialakítása abból a felismerésből fakadt, hogy a különböző szennyezéstípusok (légszennyezés, vízszennyezés) nem állnak meg az országhatároknál, és sok esetben a véletlen államokra is kiterjednek. A környezeti problémák hosszú távon csak nemzetközi összefogással oldhatók meg, ez pedig feltételezi az együttműködést, érdekegyeztetést. A nemzetközi együttműködésnek számos formája van: lehet kétoldalú és többoldalú, eseti és hosszú távú stb.

### 9.3.5. A fenntartható fejlődés elve

A fenntartható fejlődés mint fogalom, először az 1992-ben megtartott Riói Világkonferencián fogalmazódott meg, és ettől kezdve vált meghatározó elvvé. Ennek lényege, hogy a gazdasági fejlődést úgy kell elérni, hogy közben a környezet és a természet értékeit ne károsítsuk, hanem azokat eredeti formájukban őrizzük meg a jövő nemzedékek számára. Más szóval az a gazdasági fejlődés képviseli a fenntarthatóságot, amely tekintettel van a környezet értékeire és védelmére is. Gyakorlatilag ugyanezt jelenti a harmonikus fejlődés fogalma is.

Az elv egyik szinonimájaként értelmezhetjük az integrációt is, amely azt a folyamatot jelöli, ahogyan a környezeti érdekek szempontrendszer helyet kap a nem környezetvédelmi érdekű (pl. gazdasági) döntéshozatalban. Vagyis a környezetvédelmi követelmények és a más társadalmi-gazdasági folyamatok közötti összhang megteremtését igényli. Ennek megvalósítása úgy történik, hogy az előbbiek az utóbbiak tervezésének szerves részévé válnak.

### 9.3.6. A társadalmi részvétel és az információhoz jutás elve

Ez az elv a környezetjogi szabályozásban napjainkban egyre erősödő követelményt jelent. A társadalom bevonása a döntések előkészítésébe, a döntéshozatalba és az ellenőrzésbe több okból is szükséges. Egyrészt a társadalom a környezeti ártalmak elszennvedője, másrészt a társadalom tagjai közvetve vagy közvetlenül ezeknek az ártalmaknak az okozója is. A társadalom nem mindig ismeri fel, hogy a környezetvédelem közös érdek, amelyben mindenki közvetlenül is érdekelt. A feladat ezért a környezetvédelem problémakörének tudatosítása, a tájékoztatás és a környezeti nevelés megvalósítása. Ezenkívül számos kérdésben olyan jogi feltételrendszer kialakítására is szükség van, ahol a társadalmi csoportok és egyének részvételi joga kiteljesedik. A Riói Nyilatkozat szerint a környezeti ügyeket legjobban az összes érintett állampolgár részvételével, a megfelelő szinten lehet kezelni. Minden egyénnek biztosítani kell a megfelelő hozzáférést a környezetre vonatkozó információkhoz, és lehetővé kell tenni a döntéshozatali folyamatban való részvételt is. A társadalmi részvételre nyújt szabályozást a dániai Aarhusban 1998-ban elfogadott egyezmény, melyet hazánkban a 2001. évi LXXXI. törvénnyel hirdettek ki. Ennek legfontosabb elemei a következők:

- az információhoz való jog lehet:
  - aktív: a hatóság köteles a társadalmat rendszeresen tájékoztatni
  - passzív: az állampolgárok, civil szervezetek megkeresésére a hatóság köteles információkat szolgáltatni
- részvétel a jogszabályalkotásban (népszavazás, fórumok, közmeghallgatás)
- részvétel a közigazgatási döntéshozatalban
- jogorvoslathoz való jog, perelési jog
- környezetvédelmi egyesületek jogai.

Az információ a társadalmi részvétel legalapvetőbb feltétele. Az aktív információszolgáltatás kötelezettségét a környezetvédelmi törvényben két lépésben pontosítják:

- a miniszter évente jelentést tesz a kormánynak az ország környezeti állapotáról, illetve a kormány két évente beszámol az országgyűlésnek a Nemzeti Környezetvédelmi Program alakulásáról
- a települési önkormányzat a lakóhelyi környezet alakulásáról szükség szerint, de legalább évente tájékoztatja a lakosságot.

A környezeti információ fogalmát szintén az Aarhusi Egyezmény határozza meg: bármely olyan írott, látható, hallható, elektronikus vagy egyéb formában megjelenő információ lehet, amelynek a tárgya:

- a környezeti elemek vagy ezen elemek közti kölcsönhatásnak az állapota
- tényezők, amelyek befolyásolhatják a környezeti elemeket
- az emberi egészség és biztonság állapota, az élet, a kulturális helyszínek és az épített környezet állapota.

Az adatok nyilvánossága kapcsán felmerülő kérdés, hogy melyek a közérdekű adatok és milyen módon hozzáférhetőek. Az adatvédelmi törvény szerint közérdekű adatnak tekintjük azt, amely az állami vagy helyi önkormányzati feladatokat ellátó szerv kezelésében lévő, a személyes adat fogalma alá nem eső és a törvényben meghatározott kivételek körébe nem sorolható adat.

A jogalkotásban való közvetlen társadalmi részvétel nem általános lehetőség, csak külön meghatározott esetekben van rá mód. Ez a lehetőség a környezetvédelmi egyesületekre és a szakmai érdekképviselőkre terjed ki.

### 9.3.7. Az állami felelősség és „a szennyező fizet” elv

„A szennyező fizet” elvet a felelősség elvének szinonimájaként értelmezzük, amely mint alapelv, az [OECD](#) és az Európai Unió elveként is megjelenik. Először 1975-ben határozták meg ezt az elvet és definiálták a szennyező fogalmát.

Az elv legfontosabb előírásai:

- a szennyezésre kivetett díj összege legyen elegendő azon költségekre, amiből az okozott kár megtéríthető
- a díj összege ösztönözze a szennyezőt arra, hogy megtegye a megfelelő intézkedéseket a szennyezés csökkentésére
- az elv alkalmazása révén váljon lehetővé a természeti erőforrások racionálisabb használata
- az összefüggő szennyezés (szennyezői lánc) esetén a költségeket azon a ponton kell meghatározni és kivetni, ahol a gazdasági szereplők száma a legkisebb, az ellenőrzés a legkönnyebb vagy ahol a leghatékonyabban járulnak hozzá a környezet javításához
- a szennyezés esetén a díjak és kártérítések egyben ösztönző és újraelosztó funkciót is betöltenek. Az ösztönzés célja, hogy ráírja a szennyezőt a szennyezés csökkentésére, az újraelosztás célja pedig, hogy a szennyező fizesse meg a saját részét a kollektív költségekből
- az elv alól vannak kivételek is, ám ezek csak szűk körre korlátozódnak – pl.:
  - amikor a szigorúbb intézkedések alkalmazása súlyos gazdasági zavarokhoz vezetne
  - olyan hozzájárulásokra, melyek célja a kutatás és fejlesztés támogatása.

A jogsértő tevékenységet folytatók kötelesek:

- az okozott környezetveszélyeztetést, -szennyezést megszüntetni, illetve a környezetkárosítást abbahagyni
- az általa okozott kárért helytállni
- a tevékenységet megelőző környezeti állapotot helyreállítani.

Az állami felelősségvállalás értelmezése kettős: egyrészt közvetlen felelősséget jelent az állam és az állami szervek magatartásáért, másrészt közvetett felelősségvállalást is jelent valamennyi környezetvédelmi funkció ellátásáért. Az állami feladatokon belül elsődleges felelősség hárul a közigazgatásért felelős szervekre, ezek jelentik ugyanis a rendszeres je-

lenléte. A közigazgatás kiemelt feladata kiterjed az államigazgatási és az önkormányzati szervezetekre. Az állami felelősségvállalás három nagy részből tevődik össze. Az első részterület a környezetvédelem feltételeinek kialakítása, a védelem érdekeinek érvényesítése. Másodsorban az állam felelősséggel tartozik az állami szervek és az állami tulajdon által okozott környezeti veszélyért, ártalmakért, károkért. Végül nagyon fontos kötelezettsége az államnak, hogy egyes esetekben közvetlen érdekelttség nélkül is köteles helytállni, tehát mögöttes felelőssége érvényesül.

#### 9.4. A nemzetközi szervezetek szerepe a környezetvédelemben

A nemzetközi szervezetek szerepe a környezetvédelemben az 1960-as években erősödött fel, ebben az időszakban kényszerültek rá, hogy tevőlegesen is részt vegyenek a környezetvédelmi problémák megoldásában. Vannak szervezetek, amelyek ekkor, kimondottan környezetvédelmi indíttatásra jöttek létre, de más, egyébként nem környezetvédelemmel foglalkozó szervezetek is bekapcsolódtak a munkába. Számos funkciójuk van ezen a téren: a kutatás koordinálása és esetenként anyagi támogatása, az eredmények közvetítése, valamint szabályozó funkciójuk is lehet, illetve gyakran ellenőrzik a nemzetközileg elfogadott szabályok végrehajtását. Feladataik tevékenységi körüktől függően eltérőek.

A globális, egyetemes nemzetközi szervezetek nem mások, mint az ENSZ és szakosított intézményei. Számos ENSZ-szervezet vesz részt különböző környezetvédelmi probléma megoldásában. Az [ENSZ környezetvédelmi programja](#), az [UNEP](#) 1972-ben jött létre azért, hogy katalizátorszerepet töltsön be. Ennek lényege, hogy programokat javasol és dolgoz ki, de azok végrehajtásával az ENSZ szervezetét vagy más szervezeteket bíz meg. Az UNEP számos globális rendszert hozott létre, amelyeknek a környezet megfigyelésében, monitorozásában van szerepe. Ezek közül is kiemelkedik a Globális Környezeti Megfigyelő Rendszer (GEMS) és a Környezeti Információs Rendszer (INFOTERRA) létrehozása. Ezekben több ezer, kutatással foglalkozó intézmény együttműködése valósul meg világszerte. Tevékenységei közül még ki kell emelni az igazgató éves jelentéseit, amely a környezet aktuális állapotáról tájékoztatja a döntéshozókat.

A párizsi székhelyű [Világ Kulturális és Természeti Örökségének Szervezete \(UNESCO\)](#) a környezet-, illetve természetvédelem terén eddig két nagyszabású programot dolgozott ki. Az egyik az 1971-ben Ramsarban (Irán) létrehozott egyezmény, mely a nemzetközi szinten jelentős vizes élőhelyek és ezek állandó vagy vándorló madárvilágának védelmét tűzte ki célul. Hazánkban is számos vizes élőhely felkerült erre a listára, köztük a Balaton, a Kis-Balaton vagy a Fertő-tó. Az aláírás dátumának évfordulóján (február 2.) ünnepeljük a vizes élőhelyek világnapját. A másik jelentős program a világ természeti és kulturális örökségének listája, melyre világszerte azok a különleges természetes vagy ember által alkotott helyszínek kerülnek fel, amelyek megőrzése a jövő generációk számára kiemelten fontos. Hazánkban eddig 8 helyszín került fel a listára, és további 10 helyszín várólistán szerepel.

A bécsi székhelyű [Nemzetközi Atomenergia Ügynökség \(IAEA\)](#) két nagy környezetvédelmi jellegű problémával foglalkozik: egyrészt a nukleáris biztonság kérdésében alakít ki normákat, másrészt a nukleáris balesetek korai jelzéséről írtak alá egyezményt. Az ilyen jellegű balesetek esetére nyújtandó segítségről is programot dolgoztak ki.

A legtöbb környezetvédelmi jellegű egyezményt a **Nemzetközi Tengerészeti Szervezet** dolgozta ki. Ennek legfőbb oka, hogy a tengert érő szennyezések (elsősorban tankerhajók tragédiái) a társadalom számára is nagyon látványos következményekkel jártak. Az

egyik legfontosabb egyezményt 1954-ben írták alá, amely a tengerek olajszennyezésének megelőzéséről szól. 1972-ben írták alá a londoni egyezményt, amely a tengerekben elhelyezett hulladékok szennyezésének megelőzéséről szól. 1973-ban pedig a hajókról származó szennyezések megelőzéséről szóló egyezményt hozták létre (MARPOL).

A **Nemzetközi Polgári Repülésügyi Szervezet** a repülőgépek zaj- és gázkibocsátásával foglalkozik. Más szervezetek, mint az [Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Szervezet \(FAO\)](#) közvetlenül nem hoz létre nemzetközi egyezményeket, de részt vesz azok kidolgozásában, míg a [Meteorológiai Világszervezet \(WMO\)](#) konkrét akciókban, programokban vesz részt anélkül, hogy külön jogintézményeket alkotnának. Az [Egészségügyi Világszervezet](#) általános közegészségügyi feladatai mellett egyre inkább környezet-egészségügyi kérdésekkel is foglalkozik, erre nézve akcióprogramokat és ajánlásokat dolgoz ki.

Az európai regionális szervezetek sorából kiemelkedik az [Európa Tanács](#), amelynek fő területe a természetvédelem. Több egyezményt is létrehozta ebben a témában, ezek közül is kiemelkedik a Berni Egyezmény (1979), amely az európai vadon élő állat- és növényfajok élőhelyeinek védelméről szól. A Tanács olyan szennyezésekkel foglalkozó egyezmények kidolgozásában is részt vett, mint az Európai Vízügyi Charta (1968) vagy a Lég-szennyezés Ellenőrzésének Alapelvei (1968).

A [Gazdasági Együttműködés és Fejlesztés Szervezete \(OECD\)](#) is jelentős befolyással bír a nemzetközi környezetjog terén. Elsősorban ajánlásokat, alapelvi nyilatkozatokat dolgoz ki, de ez a szervezet definiálta elsőként a szennyezés fogalmát és a határokon áterjedő szennyezésekre vonatkozó eljárásokat. Standardjai lényegesek a vegyi anyagokra vonatkozó szabályozásokban is, de a mérgező hulladékok terén is.

## 9.5. Függelékek

### 9.5.1. Bibliográfia

Bakács T.: Magyar környezetjog, Springer Hungarica Kiadó Kft. Budapest, p. 237, 1992.

Bándi Gy., Percz L. (szerk.): Környezetjog, BME Környezetgazdaságtan és Műszaki Jog Tanszék, 1998.

Bándi Gy.: Környezetjog, Osiris Kiadó, Budapest, p. 606, 2006.

### 9.5.2. Fogalomtár

**Egészségügyi Világszervezet (WHO):** az Egyesült Nemzetek Szervezetének egyik szervezete, a nemzetközi közegészségügy koordináló hatóságaként működik. Székhelye a svájci Genf városban található. A szervezet alapokmánya 1948. április 7-én lépett életbe: ez a nap azóta az egészségügyi világnap.

**ENSZ Környezetvédelmi Programja (UNEP):** környezeti tevékenységének koordinálását, a fejlődő országokban való környezeti szempontból elfogadható gazdaságpolitika kialakításánál való segédkezést és a fenntartható fejlődés elősegítését célzó ENSZ-szervezet. A központja Nairobiban, Kenyában található. Feladatai közé tartozik többek között a környezet állapotának figyelése és a róla szóló adatok beszerzése és terjesztése, a nemzetközi környezetvédelmi együttműködés előmozdítása és az esetleges környezeti katasztrófák kezelése. Az UNEP irányvonalakat és szerződéseket hozott létre olyan ügyekkel kapcsolatban, mint a potenciálisan káros vegyi anyagok nemzetközi kereskedelme, határon túli légszennyezés vagy a nemzetközi vízi utak szennyezése.

**Európa Tanács:** egy regionális nemzetközi szervezet, amelynek székhelye Strasbourg. Jelenleg 47 tagja van, de nyitva áll bármely olyan európai állam előtt, amely elfogadja a jogállamiság intézményét és garantálja állampolgárai számára az alapvető szabadság- és emberi jogokat. A Tanács egyik legfontosabb eredménye az Emberi Jogok Európai Egyezményének 1950-

es elfogadása volt. Ennek keretében állították fel az Emberi Jogok Európai Bíróságát, amely az emberi jogok legfőbb európai bírói fóruma. Az Európa Tanács laza, kormányközi együttműködés keretében jött létre, és (szemben az Európai Tanáccsal és az Európai Unió Tanácsával) nem az Európai Unió intézménye.

**Fenntartható fejlődés:** fogalma világszerte közismerten a Brundtland-jelentésben került megfogalmazásra, mely szerint „A fenntartható – harmonikus – fejlődés a fejlődés olyan formája, mely a jelen igényeinek kielégítése mellett nem fosztja meg a jövő generációját saját szükségleteik kielégítésének lehetőségétől”.

**Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet (OECD):** globális szervezet, melynek célja az, hogy segítse a tagállamok kormányait a lehető legjobb gazdasági és szociális politika kialakításában és értékelésében. Jogelődje 1948-ban alakult meg egy meghatározott feladat, a Marshall-terv kivitelezésére OEEC, Európai Gazdasági Együttműködési Szervezet néven.

**Meteorológiai Világszervezet (WMO):** 1950-ben vált szakosított intézménnyé. A WMO elődje, a Nemzetközi Meteorológiai Szervezet (IMO) 1873-ban megalakult, 1950. március 23-án vált nemzetközi szervezetté, ekkortól nevezik WMO-nak.

Feladata, hogy az ivóvíz forrásairól, az éghajlatváltozásról biztosítson hiteles információt. Időjárás-előrejelzési szolgáltatást kutat és vitelez is ki. (World Weather Watch) a világ időjárásának figyelése, (World Climate) a világ éghajlata programjával a terjedő szélsőséges időjárásokat (El Niño) kutatja.

**Mezőgazdasági és Élelmezési Világszervezet (FAO):** az ENSZ szakosított szervezete, amelynek küldetése az élelmezésbiztonság megvalósítása, aminek egyik lépése az éhezés visszaszorítása. 1945. október 16-án alapították Rómában. A FAO semleges fórumként szolgál a fejlett és fejlődő országok közötti egyenlő tárgyalásoknak. Egyúttal tudás és információ forrása a tagországok számára mezőgazdaságuk, halászatuk, erdőgazdálkodásuk fejlesztésében, élelmiszer-ellátásuk biztosításában.

**Nemzeti Környezetpolitikai Törvény (NEPA):** a világon elsőként az Egyesült Államokban, 1969-ben létrehozott környezetvédelmi törvény.

**Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (IAEA):** célja a nukleáris energia békés felhasználása és a katonai felhasználás meggátolása. 1957. július 29-én mint független szervezet jött létre.

**Nevelésügyi, Tudományos és Kulturális Szervezet (UNESCO):** 1945. november 16-án alakult meg. Az UNESCO tevékenységének célja, hogy megteremtse a civilizációk, kultúrák és emberek közötti, a közös értékek iránti tiszteleten alapuló párbeszédhez szükséges körülményeket.

**Riói Konferencia:** Riói Csúcs néven is ismert, ENSZ Konferencia a Környezetről és a Fejlődésről 1992-ben, a stockholmi konferencia 20. évfordulóján. A konferencia alkalmából két nemzetközi egyezmény is született: az Éghajlatváltozási keretegyezmény és a Biodiverzitás Egyezmény.

**Stockholmi Konferencia:** az Egyesült Nemzetek Konferenciája az Emberi Környezetről. Az ENSZ első környezetvédelmi világkonferenciája 1972 júniusában. Először mutattak rá a világ környezetvédelmi problémáira és az együttműködés szükségességére.