

Értékünk AZ **EMBER**

Humán erőforrás-fejlesztési Operatív Program



Kiss Gabriella – Pál Gabriella

KÖRNYEZETGAZDASÁGTAN



SZÉCHENYI ISTVÁN
EGYETEM
GYŐR

Magyarország célba ér



Készült a HEFOP 3.3.1-P.-2004-09-0102/1.0 pályázat támogatásával.

Szerzők: Kiss Gabriella
Dr. Pál Gabriella

Lektor: Marjainé Dr. Szerényi Zsuzsanna
egyetemi docens

A dokumentum használata

Mozgás a dokumentumban

A dokumentumban való mozgáshoz a Windows és az Adobe Reader megszokott elemeit és módszereit használhatjuk.

Minden lap tetején és alján egy navigációs sor található, itt a megfelelő hivatkozásra kattintva ugorhatunk a használati útmutatóra, a tartalomjegyzékre, valamint a tárgymutatóra. A ◀ és a ▶ nyilakkal az előző és a következő oldalra léphetünk át, míg a Vissza mező az utoljára megnézett oldalra visz vissza bennünket.

Pozicionálás a könyvjelzőablak segítségével

A bal oldali könyvjelző ablakban tartalomjegyzékfa található, amelynek bejegyzéseire kattintva az adott fejezet/alfejezet első oldalára jutunk. Az aktuális pozíciókat a tartalomjegyzékfában kiemelt bejegyzés mutatja.

A tartalomjegyzék és a tárgymutató használata

Ugrás megadott helyre a tartalomjegyzék segítségével

Kattintsunk a tartalomjegyzék megfelelő pontjára, ezzel az adott fejezet első oldalára jutunk.

A tárgymutató használata, keresés a szövegben

Keressük meg a tárgyszavak között a bejegyzést, majd kattintsunk a hozzá tartozó oldalszámok közül a megfelelőre. A további előfordulások megtekintéséhez használjuk a Vissza mezőt.

A dokumentumban való kereséshez használjuk megszokott módon a Szerkesztés menü Keresés parancsát. Az Adobe Reader az adott pozíciótól kezdve keres a szövegben.

Tartalomjegyzék

A környezetgazdaságtan és a fenntartható fejlődés.....	5
1. A fenntartható fejlődés.....	6
2. A fejlődés mérése, környezetértékelés	20
3. A közgazdaságtan és a környezeti probléma.....	38
4. Externáliák	42
A környezetszennyezés gazdaságtana	47
5. A szennyezés társadalmi optimuma	48
6. Az optimális szennyezés elérése piaci alku révén.....	57
7. Az optimális szennyezés elérése állami beavatkozás révén – norma.....	68
8. Az optimális szennyezés elérése állami beavatkozás révén – adó.....	78
9. Szennyezés csökkentés tökéletesen keveredő szennyezések esetében.....	89
10. Szennyezés csökkentés nem tökéletesen keveredő szennyezések esetében.....	108
Természeti erőforrások	119
11. A természeti erőforrások gazdaságtana	120
12. Megújuló természeti erőforrások.....	124
13. Kimerülő természeti erőforrások	140
<i>Felhasznált és ajánlott irodalom.....</i>	<i>149</i>
<i>Internetes források.....</i>	<i>152</i>
<i>Tárgymutató</i>	<i>153</i>



I. RÉSZ

**A KÖRNYEZETGAZDASÁGTAN ÉS
A FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉS**

1. A fenntartható fejlődés

1.1. A kialakulás története

A környezet védelme először a természetvédelemmel kezdődött, ami már a XIX. század végén megjelent. A természeti értékek megóvására teljes területeket nyilvánítottak védetté, kímélve ezzel a terület élővilágát, a vizek tisztaságát és a táj szépségét. Az első nemzeti parkot az Amerikai Egyesült Államokban alapították 1872-ben, ez a híres Yellowstone Nemzeti Park volt. Magyarországon az első védett terület, a Debreceni Nagyerdő 1939-ben nyert védeltséget, az első nemzeti parkot pedig (Hortobágyi Nemzeti Park) 1973-ben a Yellowstone fennállásának 100. évfordulójára alapították.

A környezetvédelem kialakulása a XX. század fejleménye. A környezeti problémákra az 1960-as években figyelt fel az emberiség. A környezetvédelem mint országhatárokat átlépő nagy társadalmi mozgalom a 20. század hatvanas éveiben alakult ki az Amerikai Egyesült Államokban. A problémákra először **Rachel Carson** amerikai újságíró nő hívta fel a közvélemény figyelmét **Néma tavasz** (Silent Spring) című művében. A könyv a természetben felhasznált kémiai anyagok kedvezőtlen biológiai hatásaival foglalkozott. Tulajdonképpen e könyv megjelenésétől lehet számítani a környezetvédelem fogalmának megjelenését és bekerülését a társadalmi tudatba és az emberek gondolkodásába.

A környezetvédő mozgalmak első megmozdulása és megjelenésének kezdete az **1970. április 22-én** megtartott első **Föld Napja** rendezvény volt az Egyesült Államokban, amelyen közel 20 millió ember vett részt, tiltakozva a környezet romlása ellen.

A környezeti problémákkal a tudomány is ebben az időben kezdett el foglalkozni. **1968-ban** megalakult a **Római Klub**, melynek tagjai nemzetközi, független tudósok, befolyásos politikai és gazdasági szakemberek, akik a világot fenyegető környezeti és egyéb problémákkal, a világ jövőjével foglalkoznak.

A Római Klub megbízására 1972-ben készült el az első jelentés, melynek fő szerzői Donella és Dennis **Meadows** voltak, **A növekedés határai** (Limits to Growth) címmel jelent meg. A jelentés egy globális világmodell felállításán alapult és a népesség és iparosodás folyamatainak globális következményeit vizsgálta. A jelentés szerint a XXI. század közepére globális környezeti katasztrófa léphet fel, kimerülnek az erőforrások, drámai módon megnövekszik a környezet szennyezettsége, s a Föld rohamosan nö-

vekvő lakosságát egyre nehezebb lesz megfelelő mennyiségű és minőségű élelemmel, ivóvízzel ellátni, ezért a gazdasági növekedés korlátozására tett javaslatot. A jelentést sok kritika érte, azonban fontos érdeme, hogy felrázta a világ közvéleményét és további vitákat indított el.

A következő fontos terület, ahol a környezetvédelem megjelent, a nemzetközi szervezetek és diplomácia volt. Az ENSZ 1972-ben rendezte meg **Stockholmban** az első környezetvédelmi **világkonferenciát Konferencia az Emberi Környezetről** címmel. Ezt követően 1984-ben az ENSZ létrehozta a Környezet és Fejlődés Világbizottságát, melynek elnöke Gro Harlem Brundtland asszony, Norvégia akkori miniszterelnöke volt, kinek neve után a bizottságot **Brundtland** bizottságként emlegetik. A bizottság 1987-ben adta ki jelentését **Közös jövőnk** (Our Common Future) címmel. Ez az ún. Brundtland jelentés kinyilvánította a fenntartható fejlődés szükségességét, és a jelentésben meghatározott fenntartható fejlődés definíciót használják azóta szerte a világon.

A következő nagyon fontos lépcsőfok az 1992-es **ENSZ Környezet és Fejlődés Konferencia** volt **Rio de Janeiroban**. Ekkorra már a környezetvédelem mellett a gazdasági szektor szerepe is előtérbe került. A Riói Világkonferencián sok fontos egyezmény született, mint például a Keretegyezmény az Éghajlatváltozásról és az Egyezmény a Biológiai Sokféleségről. A riói elvekből azonban nagyon kevés valósult meg.

2002-ben újabb ENSZ világkonferenciát hívtak össze **Johannesburgban**. A rendezvény címe ENSZ **Világtalálkozó a Fenntartható Fejlődésről**, ahol megjelent a fenntartható fejlődés szociális dimenziója, vagyis a környezetpolitika és a szociálpolitika integrálódása.

1.2. Fenntartható fejlődés

A Brundtland Bizottság definíciója szerint

„A fenntartható fejlődés olyan fejlődés, amely kielégíti a jelen generációk szükségleteit anélkül, hogy veszélyeztetné a jövő generációk igényeinek kielégítését.”

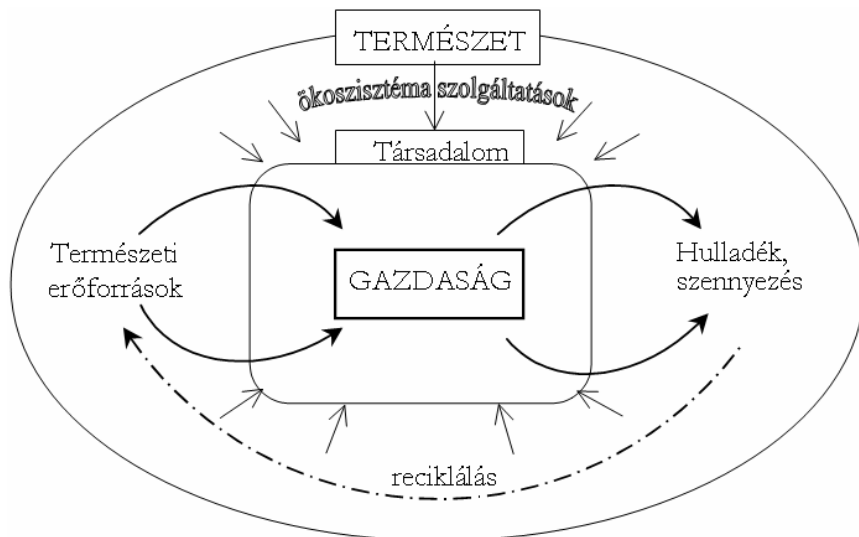
Egy másik definíció Herman Daly megfogalmazásában: „A fenntartható fejlődés a folyamatos szociális jobblét elérése anélkül, hogy az ökológiai eltartóképességet meghaladó módon növekednénk. A növekedés azt jelenti, hogy nagyobbak leszünk, a fejlődés pedig azt, hogy jobbak.”

A fenntartható fejlődés tehát több, mint a természeti környezet megóvása. Ez a koncepció az emberi „fejlődés” mindennemű hatását figyelembe veszi, és kijelöli a hosszú távon is tartható irányokat gazdasági, környezeti és társadalmi szempontból egyaránt. A fenntartható fejlődésnek tehát három alappillére van: ökológiai, társadalmi és gazdasági pillérek. A koncepció alapvető feltevése, hogy az emberi társadalom a földi bioszféra része, így az ember mint biológiai lény alapvetően rá van utalva a természeti környezet – a bioszféra emberen kívüli elemeinek – szolgáltatásaira. Az emberi társadalom működésének tehát illeszkedni kell e rendszer méreteihez és folyamataihoz, ha saját fennmaradását biztosítani akarja hosszú távon is.

A gazdaság csupán egy alrendszere az emberi társadalomnak és arra hivatott, hogy az ember jólétéhez szükséges javakat és szolgáltatásokat biztosítsa. Az emberi tevékenység célja tehát alapvetően a társadalmi jólét elérése, amelynek csupán eszköze a gazdaság, a lehetőségeket és korlátokat pedig a természeti környezet szabja. Ez a korlát pedig a környezet eltartóképessége.

Eltartóképesség (carrying capacity) az a populációméret (növények, állatok, emberek), amit egy terület képes eltartani anélkül, hogy károsodna.

A gazdaság, társadalom és természet viszonyát az 1.1 ábra szemlélteti.



1.1. ábra. A természet – társadalom – gazdaság viszonya

Az ember számára a természet a következő szolgáltatásokat nyújtja:

1. Erőforrások (anyag és energia) biztosítása,
2. Hulladékasszimiláló kapacitás, szennyezésbefogadó közeg,
3. Életfeltételek biztosítása.

A természet által szolgáltatott anyagot és energiát a gazdaság használja fel inputként a termelési és fogyasztási folyamatokhoz, melyek eredményeképpen az ezekből keletkező output a hulladék lesz, mely visszakerül a természetbe. A gazdaság folyamatai jelenleg nagyrészt egyirányúak, az anyagból és energiából hulladék lesz. A természetet azonban körfolyamatok jellemzik, melyeket ha a gazdaság nem vesz figyelembe, nem illeszkedik ebbe a rendszerbe. A fenntartható fejlődés akkor valósul meg, ha a gazdaság a természeti anyag- és energia körforgás részét képezi, amely a társadalomba ágyazódik.

A fenntartható fejlődés elmélete szerint tehát ezeket a természet által nyújtott szolgáltatásokat úgy kell igénybe vennünk, hogy a természeti tőke megőrizze szolgáltatás-nyújtó képességét, vagyis:

1. A megújuló erőforrások esetében a felhasználás mértéke ne haladja meg az erőforrás megújulóképességét.
2. A hulladék keletkezésének illetve a szennyezés kibocsátásának üteme és mértéke ne haladja meg a befogadó közeg szennyezésbefogadó képességét, asszimilációs kapacitását.
3. A kimerülő erőforrások felhasználása esetén az ésszerű felhasználás ütemét az erőforrás megújulókkal való helyettesíthetősége és a technológiai fejlődés lehetősége határozza meg.
4. Biztosítani kell, hogy egy adott életszínvonal egyre kevesebb természeti erőforrás felhasználását igényelje.

Az utóbbi két ismérv a helyettesítés és a hatékonyság növelését célozza. Felmerül a kérdés azonban, hogy vajon meddig növelhető a hatékonyság, és ez valóban elegendő-e a fenntartható fejlődés eléréséhez?

A technológiai fejlődés, amely a hatékonyság növekedésén keresztül a fenntarthatóság problémájának megoldásához vezető eszköz lehet, a következő problémákat veti fel:

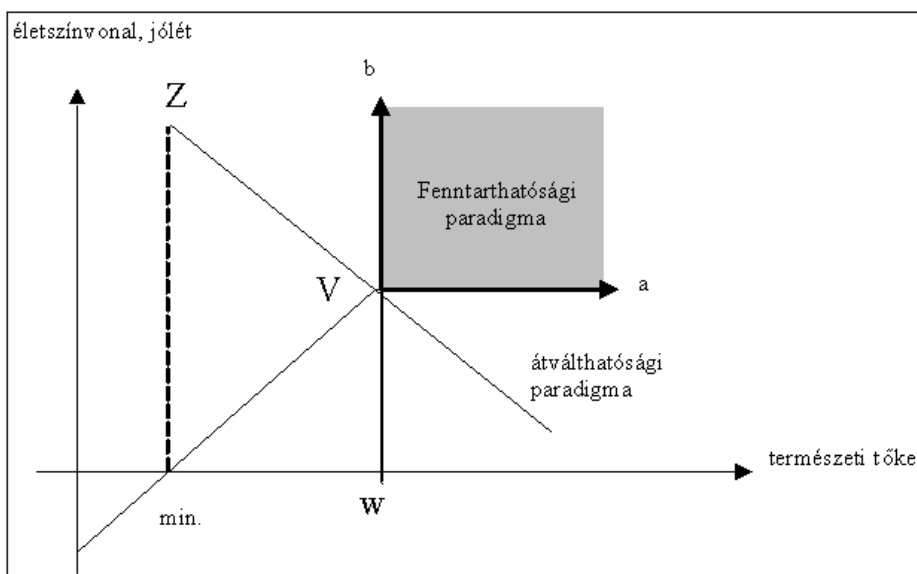
- A technológiai fejlődésben rejlő lehetőségek bizonytalanok, vannak határai.
- A hatékonyság növelésének másik problémája a világon jelenleg jellemző tendencia, a népesség növekedése, amely az adott életszínvonal

megtartása mellett önmagában is az eltartóképesség eléréséhez vezethet. A probléma tehát, hogy a technológiai fejlődésnek és a hatékonyság növekedésének gyorsabbnak kellene lennie a népesség növekedési üteménél, hogy ellensúlyozni tudja a túlnépesedés terheit.

- Kérdéses, hogy vajon az újabb technológiák nem vezetnek-e újabb környezeti-társadalmi problémákhoz, hiszen elképzelhető, hogy az eddig ismert terheket csökkentik, ám más, esetleg a jelenben még nem ismert problémákat idézhetnek elő a jövőben, vagy akár a jelenben is.

Nézzük, mit jelent a fenntartható fejlődés értelmezése esetében a helyettesíthetőség! A helyettesíthetőség fogalmán azt értjük, hogy a fejlődés, vagyis a magasabb jólét elérése során a természeti tőke értékében csökkenés következik be a többi tőketényező (termelt tőke, humán tőke, társadalmi tőke) javára. A természeti tőke a természeti javak összességét (talaj, víz, levegő, élővilág), a termelt tőke az ember által előállított javakat (pl. utak épületek, festmények stb.) vagy más néven a fizikai tőkét jelenti. A humán tőkén a társadalom egyes tagjainak iskolázottságát) és egészségi állapotát (az emberi termelékenységet), a társadalmi tőkén pedig a társadalom csoportjai közötti kapcsolatok összességét értjük (társas kapcsolatok). A helyettesíthetőség tehát azt jelenti, hogy a fejlődés, vagyis jólét-növekedés azáltal valósult meg, hogy a tőketényezők értéke összességében növekedett, de mindez a természet kizsákmányolásával, vagyis a természeti tőke értékének csökkenésével valósult meg. Ez abban az esetben fogadható el, ha megengedünk egy átváltást a természeti tőke és a többi tőketényező között, vagyis azt mondjuk, hogy bizonyos gazdaságilag mérhető javulásért hajlandóak vagyunk feláldozni valamennyit a természet értékeiből és annak szolgáltatásaiból.

Az átválthatósági paradigma és a fenntarthatóság kapcsolatát mutatja be az 1.2 ábra. Az X tengelyen a természeti tőke mennyisége, az Y tengelyen pedig a jólét mértéke látható. A természeti tőke minimuma jelenti azt a mennyiséget, amely ahhoz szükséges, hogy a természeti tőke fennmaradjon (pl. egy faj fennmaradásához szükséges minimális szaporodási közösség létszáma). Kiinduló pontunk a W helyzet. Ha Z pont irányába vezet a fejlődés, akkor ebben az esetben nő a jólét, ám a természeti tőke értéke csökken. Ha b nyíl irányába indulunk, a természeti tőke változatlan marad, míg a jólét növekszik, ha a nyíl irányába indulunk el, a jólét változatlansága mellett a természeti tőke értéke növekszik. A fejlődés fenntartható formája tehát az a és b nyíl által határolt területen található.



1.2. ábra. Az átválthatósági paradigma és a fenntarthatóság
(Forrás: Pearce, Turner, 1990)

1.3. A fenntarthatóság eltérő megközelítései

A fejlődés azon formáját, amely az egy főre jutó tőkejavak adott szintjének fenntartását jelenti a helyettesíthetőség megengedése mellett, gyenge fenntarthatóságnak nevezzük.

A gyenge fenntarthatóság alapvető feltevése, hogy az ember által termelt és képviselt tőke hatásosan képes helyettesíteni a természeti tőkét és az ökológiai rendszerek által nyújtott szolgáltatásokat. Ezek a tőkejavak a következők lehetnek: épített tőkejavak, társadalmi tőkejavak, humán tőkejavak. A gyenge értelemben vett fenntartható fejlődés esetén a jólét növelésének kritériuma a következő képlettel írható fel:

$$(K_N + K_M + K_H + K_S)_t \leq (K_N + K_M + K_H + K_S)_{t+1} \quad (1.1.)$$

ahol K_N a természeti tőke
 K_M a termelt tőke
 K_H a humán tőke
 K_S a társadalmi tőke mértékét jelenti.

A képlet tehát azt jelenti, hogy egyik időszakról a másikra (t és $t+1$ évek között) a jólét akkor növekszik fenntarthatóan, ha az egyes tőkejavak összege nő. Ez magában hordozza a helyettesítés lehetőségét is.

A gyenge fenntarthatóság követelményét teljesíti, ha a hegyvidéken, egy erdő közepén szanatóriumot építünk, melyhez az erdő fáinak kivágására van szükség. A természeti tőke (erdei ökoszisztéma, tájkép) értéke ugyan csökken, azonban az egyéb tőkejavak (emberi egészség, épített környezet) értéke ezt meghaladó mértékben nő.

A gyenge értelemben vett fenntartható fejlődés mérésére alkalmas az ún. Z mutató. Ha egy országra számított mutató értéke pozitív, akkor az ország gyenge értelemben fenntartható, ha negatív, akkor nem teljesíti a gyenge fenntarthatósági kritériumot.

$$Z = \frac{S}{Y} - \frac{\delta_N}{Y} - \frac{\delta_M}{Y} \quad (1.2.)$$

ahol S a nemzetgazdaság megtakarítását,
 Y a jövedelmet (GDP),
 δ_N a természeti tőke értékcsökkenését,
 δ_M a termelt tőke értékcsökkenését jelenti egy országban az adott évben.

Vagyis a Z mutató azt mutatja meg, hogy az adott országban, az egy év alatt elért megtakarítások GDP-n belüli aránya fedezi-e a természeti tőke és a termelt tőke értékében bekövetkezett csökkenését, az ország éves jövedelméhez viszonyítva.

Néhány ország gyenge fenntarthatósági mérőszámát mutatja az 1.1 táblázat. Látható, hogy a fejlett országok általában gyenge értelemben fenntarthatóak, ami a magas megtakarításoknak köszönhető, míg a fejlődők közül főként az afrikai országok azok, amelyek nem fenntarthatóak a természeti tőke jelentős értékcsökkenése és a megtakarítások alacsony szintje miatt.

Nemzetgazdaság	Számítási eredmények			
	S/Y	$-\delta_M/Y$	$-\delta_N/Y$	= Z
Fenntartható gazdaságok				
Brazília	20	7	10	+3
Costa Rica	26	3	8	+15
Csehszlovákia	30	10	7	+13
Finnország	28	15	2	+11
Németország (nyugat)	26	12	4	+10
Magyarország	26	10	5	+11
Japán	33	14	2	+17
Hollandia	25	10	1	+14
Lengyelország	30	11	3	+10
USA	18	12	3	+3
Zimbabwe	24	10	5	+9
Nem fenntartható				
Burkina Faso	2	1	10	-9
Etiópia	3	1	9	-7
Indonézia	20	5	17	-2
Madagaszkár	8	1	16	-9
Malawi	8	7	4	-3
Mali	-4	4	6	-14
Nigéria	15	3	17	-5
Pápua Új-Guinea	15	9	7	-1

1.1. táblázat Egyes országok Z mutatói
(Forrás: Perman et al., 1996)

A Z mutató eredményei láttán kétségek merülhetnek fel a fenntarthatóság valódiságáról, hiszen például a jelentős környezetszennyezőnek tartott USA a fenntarthatók között kapott helyet. Érezhető tehát az ellentmondás a fenntartható fejlődés fogalma és a Z mutató szerinti tartalom között. Térjünk vissza a helyettesíthetőség kérdésére, mert ebben kereshető a válasz az ellentmondásokra. Az átválthatósági paradigmát több érv is cáfolhatja, amelyek a **természeti tőke speciális tulajdonságaiból** adódnak.

- A termelt tőke (KM) előállításához minden esetben természeti tőkére (KN) van szükség (pl. energia és nyersanyag szolgáltatása miatt), vagyis a természeti tőke értékének csökkenése egy idő után a termelt tőke értékének csökkenését is maga után vonhatja. Vagyis KM előállítása függ KN-től, ezért nem helyettesítheti azt.

- **Visszafordíthatatlanság/irreverzibilis folyamatok.** A természetben előidézett negatív változások sok esetben nem visszafordítható folyamatok, ezért a természeti tőke csökkenése sok esetben végleges lehet. Egy rossz gazdasági döntés később már nem hozható helyre (pl. sivatagból nem lesz újra termőterület és egy kipusztult fajt sem lehet újra létrehozni), a természeti tőke mesterségesen nem előállítható.
- **Bizonytalanság.** Az ember nem ismerheti tökéletesen a földi rendszereket, így azt sem tudhatjuk, hogy egy kis mértékű változás milyen nagyméretű változást indíthat el. A rendszerek összetettsége miatt nem ismerjük a rendszer egészére ható következményeit annak, ha a rendszer egyetlen elemét megváltoztatjuk. A hatások mértéke, mérhetősége is kérdéses a természeti folyamatokra jellemző törések, kumulatív hatások vagy küszöbérték hatások miatt (pl. éghajlatváltozás vagy óceáni áramlatok).

Még a fajok számának nagyságrendjét sem tudjuk megbecsülni. Míg a becsült fajok száma 3 és 30 millió között van, addig az ismert fajok száma a Földön kb 1,5 millió.

- **Generációk egyenlősége.** Természeti erőforrás egyfajta felhasználása megakadályozza annak későbbi, más célú felhasználását (pl. fosszilis energiahordozók), ezáltal a helyettesítéssel korlátozzuk a jövő generációk lehetőségeit a szolgáltatások esetleg hatékonyabb igénybevételére. A fenntarthatóság elve szerint a későbbi generációknak joga lehet ugyanennyi természeti erőforráshoz (pl. szennyezés lebontó képesség, rekreáció).
- **Más természeti létezők jogai.** A természeti tőke termelt vagy egyéb tőkejavakká történő átalakítása antropocentrikus megközelítést tükröz. A természeti tőke ugyanis nem csak az ember számára nyújt szolgáltatásokat, hanem más fajok számára is (életfeltételek biztosítása), így nekik is joguk van a természeti tőke használatához (pl. fajok létezési joga). A természeti tőke gazdasági használata vagy élőhelyként való fennmaradása tehát a helyettesíthetőség alapkérdése lehet.

BIOSZFÉRA II. A természeti tőke helyettesíthetőségének cáfolatára álljon itt egy kísérlet leírása. 1984-től 1991-ig épült Arizonában (USA) az a kísérleti telep, amelyben hermetikusan zárt rendszerben próbálták megvalósítani kicsiben a földi bioszférát. Erdőket, óceáni, sivatagi, mocsaras és szavanna területeket alakítottak ki a körülbelül 13000 négyzetméteren. Benépesítették rengeteg fajjal és nyolc kutató is betelepült az új bioszférába, ahol önellátásra rendezkedtek be, és a külvilággal csak informatikai kapcsolatot tartottak fenn.



1.3. ábra. A Bioszféra II. kísérlet helyszíne Arizonában

Úgy tűnt, hogy a rendszer tökéletes működéséhez minden feltétel adott: a mesterséges oxigénkörforgást, a vizes élőhelyek elemeinek körfolyamatait is reprodukálták. Minden gondos igyekezet ellenére azonban a rendszer hamarosan összeomlott. Az oxigén szintje 21 %-ról 14%-ra esett vissza, a nitrogén-dioxid szintje megnőtt, a vizekben algavirágzás alakult ki, a szárazföldön a liános növények kiszorították a többi fajt, a 25 gerinces állatfajból 19 rövid idő alatt kipusztult, a virágos növényeket beporzó rovarokkal együtt, azonban a hangyák és a csótányok tömegesen elszaporodtak.

A tanulság: a mi jó öreg Bioszféra I-ünk megértésétől még igen távol vagyunk (Vida, 1997). Elmondhatjuk, hogy a rendszert sem megismerni, sem mesterségesen létrehozni nem tudjuk.

A fenntartható fejlődés azon megközelítését, amely elveti a természeti tőke helyettesíthetőségét, **erős fenntarthatóságnak** nevezzük.

Az erős fenntarthatóság a természettudományokból fejlődött ki, alapvető feltevése, hogy az ember által képviselt és alkotott tőke soha nem lehet képes az ökológiai rendszerek által nyújtott létfontosságú szolgáltatások helyettesítésére. A fejlődés meghatározása esetében tehát a helyettesíthetőség korlátozott, és az ökológiai állapotváltozásokat - mint a biodiverzitás és az eltartóképesség -is figyelembe kell venni.

Az erős fenntarthatóság szerint tehát a fejlődést úgy kell megvalósítani, hogy a természeti tőke értéke állandó maradjon, és ezen feltételek mellett kell elérni a jólét (a többi tőkejavak értékének) növelését. Vagyis a már megismert képlet

$$(K_N + K_M + K_H + K_S)_t \leq (K_N + K_M + K_H + K_S)_{t+1} \quad (1.3.)$$

a következő feltétellel módosul:

$$(K_N)_t \leq (K_N)_{t+1} \quad (1.4.)$$

ahol K_N a természeti tőke
 K_M a termelt tőke
 K_H a humán tőke
 K_S a társadalmi tőke mértékét jelenti.

Az erős fenntarthatóságot gyakran az ökológiai lábnyom nagyságával szokták jellemezni.

Az **ökológiai lábnyom** azt mutatja meg, mekkora területre van szükség adott népesség végtelen ideig történő eltartásához adott életszínvonal és technikai fejlettség mellett. Mértékegysége: hektár/fő.

Más szavakkal jellemezve, a lábnyom mérete a gazdaság fenntartásához szükséges ökológiai kapacitást mutatja meg, vagyis területegységben fejezi ki az anyagi javak fogyasztásának terület-, élőhely-, befogadóközeget, nyersanyag- és energiaigényét.



1.4. ábra Az ökológiai lábnyom

Hogy vizuálisan is el tudjuk képzelni az ökológiai lábnyomot, gondoljunk egy nagyvárosra! Legyen a példa kedvéért ez a város Budapest. Most tegyünk fölé egy üvegburát. Ha eltekintünk a levegőszennyezéstől, vajon mi fog történni a várossal? Az első felmerülő probléma az élelmiszerek hiánya lenne, hiszen a város területén nem folytatnak mezőgazdasági tevékenységet. A második biztosan jelentkező gond a hulladékok elhelyezése, azután az energiahiány stb. Az ökológiai lábnyoma tehát Budapestnek azt mutatná meg, mekkora burával kellene letakarni a fővárosunkat ahhoz, hogy lakói nyugodtan élhessék tovább az életüket.

Egy ország (város) ökológiai lábnyomának mérete a következő tényezőktől függ:

- népesség nagysága,
- anyagi életszínvonal/életmód,
- technológiai hatékonyság,
- biológiai produktivitás.

Az ökológiai lábnyom számításának előnye a Z mutatóhoz képest, hogy nem kell a fenntarthatóság méréséhez szükséges tényezőket pénzben kifejezni, hanem használhatók a természetes mértékegységek (tonna, m³, darab, KJ stb.). (A pénzbeli értékelés témakörével a 2. fejezet foglalkozik.)

Az ökológiai lábnyom számítását a Global Footprint Network minden évben elvégzi. A számítás menete a következő:

Meghatározzák egyes termékcsoportok egy főre jutó fogyasztását az adott országban úgy, hogy az ország importját levonják, az exportot pedig hozzáadják az országban fogyasztott termékek és szolgáltatások mennyiségéhez, majd azt elosztják a népességgel.

Meghatározzák a termékcsoport átváltási tényezőjét, vagyis, hogy az adott termék/termékcsoport előállításához mekkora földterületre van szükség hektárban.

Átváltják a termékcsoport mennyiségi adatát hektárba, majd globális hektárba, hogy összevethetők legyenek az adatok. A globális hektár azt jelenti, hogy a földi átlagos biológiai produktivitást figyelembe véve hány globális átlaghektárnyi területre van szükség. Egy magyar alföldi hektárnak ugyanis nagyobb az eltartó képessége, mint pl. egy sivatagi hektárnak, és ezért a kétfő nem lenne összehasonlítható.

Az ökológiai deficit vagy más néven ökológiai egyenleg számításához, amely ténylegesen mutatja az erős fenntarthatóságot, a továbbiakban meg kell határozni az ország biológiai kapacitását is. Ez az ország biológiailag produktív területeinek összege.

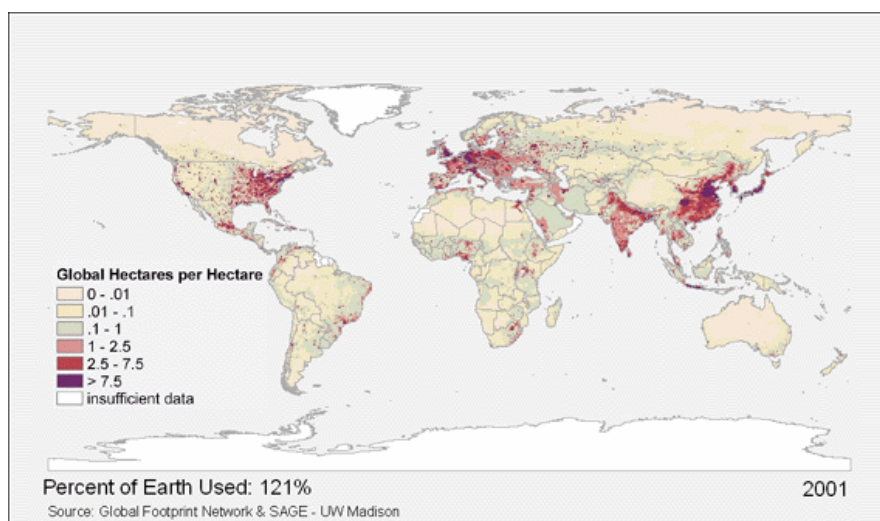
Forrás: Global Footprint Network, www.ecofoot.com

Az ökológiai lábnyom kiszámítása után a kapott értéket összehasonlítják az adott ország rendelkezésére álló biológiai kapacitásával. Ha kettejük különbsége negatív (vagyis a lábnyom nagyobb, mint a rendelkezésre álló biológiai kapacitás), akkor az országnak „ökológiai deficitje” van, vagyis nem fér bele a saját területébe, ökológiai lábnyoma túlterjed azon, tehát nem fenntartható a működése. Ha azonban ez az érték pozitív, akkor az adott ország erős értelemben is fenntartható.

Az ökológiai lábnyom és a biológiai kapacitás aránya azt mutatja meg, hogy az adott ország életmódjának fenntartásához hány Föld nevű bolygóra lenne szükség. 2005-ben, a Global Footprint Network számításai szerint, ez az arány 121%, vagyis az emberiség jelenlegi igénye 21%-kal halad-

ja meg a Föld teljes biológiai kapacitását, vagyis a rendelkezésre álló területet. Ez azt jelenti, hogy a jelenlegi átlagos földi életszínvonal fenntartásához 1,2 földbolygóra lenne szükségünk.

Az 1.6 ábra a Föld országainak egy hektárára jutó ökológiai lábnyomát mutatja. Ez fejezi ki a lábnyom vagy fogyasztás intenzitását. Az ábrán a legnagyobb ökológiai lábnyommal a fejlett országok és régiók (Európa és USA), illetve a dinamikusan fejlődő Ázsiai országok (India, Kína) rendelkeznek. Míg az Egyesült Államokban a magas fogyasztás, Kínában és Indiában pedig a nagy népsűrűség, addig Európában mind a két tényező együttesen járul hozzá az ökológiai lábnyom jelentős méretéhez.



1.5. ábra A Föld országainak ökológiai lábnyom intenzitása 2001-ben
(Forrás: Global Footprint Network, www.ecofoot.com)

Mindenki kiszámolhatja saját ökológiai lábnyomát a www.myfootprint.org weboldalon vagy a <http://www.kovet.hu/tavoktatas/okolabnyom.html> oldalon.

2. A fejlődés mérése, környezetértékelés

A fenntartható fejlődés alapvető célja az egyéni jólét növelése, éppen ezért fontos kérdés, hogyan is fogalmazható meg ez a jólét, és hogyan mutatható ki a jólét szintjének változása.

Egy ország lakosainak jólétét a közgazdászok, döntéshozók, de még a humanitárius szervezetek is általában az országban megtermelt GDP-vel (Gross Domestic Product) a bruttó hazai termékkel szokták jellemezni illetve ennek egy főre jutó értékével, és egy ország fejlődését a GDP-nek adott évben bekövetkezett növekedésével. Ez a mérési mód a következőket tükrözi:

1. Ha egy gazdaság jól működik, akkor a társadalom tagjai is jól élnek, és a GDP értéke magas.
2. A jólétet alapvetően az anyagi javak előállítása és fogyasztása jelenti, vagy ha ezzel nem is értünk egyet, az leszögezhető, hogy a jólét szoros összefüggést mutat az anyagi színvonallal.
3. A gazdaság növekedése annak egészséges működését jelenti, amely jól jellemezhető a GDP növekedésével. A jólét növekedése a gazdasági tevékenység növekedésével következik be.

A jólét, a fejlettség és a fejlődés jelenleg elterjedt, szinte egyedül használható mércéje a GDP vagy az egy főre jutó GDP.

GDP: „Az országban adott évben előállított és végső felhasználásra kerülő termékek és szolgáltatások összértéke. Adott évben keletkező hozzáadott érték, a létrehozott bruttó jövedelem.” (Solt, 2001, 67.o.) A GDP mindezt pénzegységben fejezi ki. Ezen kívül használatos még a GNP, mely az ország bruttó nemzeti terméke (Gross National Product), amelyet úgy számítanak, hogy a GDP-hez az ország külföldi tőkebefektetései által megtermelt jövedelmet hozzáadják, az idegen tőkebefektetések jövedelmeit pedig levonják. Ez a globalizált világban jobban tükrözi a valódi jövedelmi viszonyokat, de közhasználatban kevésbé forog.

2.1. Mi a baj a GDP-vel?

A GDP-vel több probléma is van. Ezek közül Cobb és társai (Cobb et al., 1997) a következőket említik. Alapvetően csak azok az események számíthatók a bruttó hazai termékbe, amelyek pénzmozgással járnak. Ez figyelmen kívül hagy két nagy területet: egyrészt a család és a közösség funkcióit, másrészt a természeti környezetet. A jólét szempontjából azonban mindkét terület nagyon fontos, ám az általuk nyújtott szolgáltatások a piacon nem jelennek meg, és nincsen áruk sem, ezért a nemzeti elszámolás nem jeleníti meg őket.

1. Nem veszi számításba a háztartások és a közösségek gazdasági szerepét, a **háztartások és közösségek által nyújtott szolgáltatásokat** (házi munka, önkéntes munka). Ennek következtében a mutató értéke annál inkább nő, minél több család és közösség bomlik fel, hiszen szerepüket átveszi a szolgáltató szektor, és annak teljesítménye növeli a GDP-t (pl. gyermek- és idősgondozás).

Példa: az elvált szülők gyermekeit gyakrabban viszik korán bölcsődébe, óvodába, mert az egyedülálló szülőnek legtöbbször nincs lehetősége otthon maradni csemetéjével. Ezekre a típusú háztartásokra jellemző az is, hogy a házi munkát is (főzés) egy családon kívüli szolgáltató végzi (gyorsétterem). Így mindkét szolgáltatás (főzés és gyermekfelügyelet) kikerül a család szolgáltatásai közül a piacon megjelenő szolgáltató szektorba, amely a GDP növekedését eredményezi. Vagyis minél több az elvált anyuka, annál magasabb a GDP. A válások magas aránya tehát növelné a jólétet?

2. A **szabadidőt** és a családdal töltött időt is értéktelennek kezeli, amely azonban hozzátartozik a jólétünkhöz és annak értelmes és hasznos eltöltése növeli azt. Amikor a különmunka a családdal vagy a közösséggel töltött időt csökkenti, ezt a veszteséget a GDP gazdasági nyereségként könyveli el.
3. Figyelmen kívül hagyja a **jövedelemeloszlást**, így nem tükrözi a társadalmi különbségeket sem. A magas jövedelműek keresetei úgy jelennek meg, növelve a mutató értékét, mintha ezek mindenki számára pénzbeli gyarapodást jelentenének. A mutató túlzott aggregálása elrejtí, hogy a megtermelt jövedelemből mennyien és milyen mértékben ré-

szesülnek. Ezáltal tehát a társadalmi szakadékokat sem képes kimutatni, ami azonban a jólét egyik fontos eleme egy társadalomban.

4. A **kimerülő erőforrások mértéktelen használata** a GDP-t adott évben jelentősen növeli, ám ez veszélyezteti a gazdaság hosszú távú gazdaságos működését és a természet egyensúlyát is. A jelenlegi GDP növekedés tehát a jövő kárára valósul meg, ez azonban a mutatóban nem tükröződik.

„1970 óta Indonézia a hagyományos fejlesztés iskolájának sikertörténete volt, kivételesen nagy, hét százalékos éves növekedési rátával. Azonban egy ilyen serkentőszeres lépték nem tartható fenn örökké. Indonézia eladja értékes ásványkincseit. Tarra vágja erdeit, és intenzív földműveléssel meríti ki termőtalaját, valójában tehát a jövőt rabolja ki a jelenlegi fellendülés érdekében. Miután ezeket és más tényezőket is számításba vették, az ország valódi, fenntartható növekedése csak a fele volt a hivatalos rátának. S ekkor az átfogóbb környezeti és társadalmi költségek széles köre még nincs is figyelembe véve, melyekkel a növekedési ráta még kisebb lenne.” (Cobb et al., 1997, 41.o.)

5. Nem tükrözi a **környezeti minőségben bekövetkezett változásokat** sem. A környezet szennyezése a GDP-ben többször is megjelenik, ráadásul nyereségként. Egyszer, amikor a termelés/fogyasztás során a szennyezőanyagot kibocsátották, másodszer amikor a környezeti kár elhárítására történik valamilyen beavatkozás (pl. kémény végére felszerelt légszűrő alkalmazása vagy kárelhárítás) során. Harmadszor, amikor a szennyezés következményeként kialakult egészségügyi panaszokat orvosolják (egészségügyi költségek). Ezek a tételek mind növelik a GDP-t, holott a jólétünket biztosan csökkentik.
6. Nem veszi számításba a természeti **környezet által nyújtott szolgáltatásokat** sem, hiszen ezeknek legtöbbször sem piacuk, sem áruk nincsen, azonban a gazdaság működése szempontjából meghatározó szerepet játszanak (pl. öntisztulóképesség, hulladékasszimiláló kapacitás, tiszta ivóvíz stb.)

A hulladék keletkezése a fejlett országokban egyre nagyobb mértékű, az egy főre jutó hulladék mennyisége folyamatosan nő. A keletkező hulladék

még megfelelő ártalmatlanítási technológia mellett is terheli a környezetet, a környezet állapotát rontja, ezért a társadalom jólétét csökkenti. Ebből következően minél több hulladék keletkezik, a jólétünk annál inkább csökken. Nézzük meg, milyen hatással van ez a GDP-re! Vegyük Magyarország esetét, ahol a hulladék ártalmatlanításának leggyakoribb formája a hulladék lerakása.

Hulladéklerakó	rossz látvány, bűz, termelésből kivont mezőgazdasági területek:	jólét ↓
	építése jelentős beruházás, üzemeltetése gazdasági tevékenység:	GDP ↑
Hulladékszállítás	szállítójárművek levegő- és zajszennyezése, üzemanyagként kimerülő erőforrás felhasználása:	jólét ↓
	szállítócégek szolgáltatása gazdasági tevékenység:	GDP ↑
Hulladékgyűjtés	helyfoglalás a lakásokban, házakban, közterületen, bűz, rossz látvány	jólét ↓
	kukák gyártása	GDP ↑

Amit nem vesz figyelembe a GDP:

A szerves hulladék lebomlik. Ha ez a hulladéklerakón történik, akkor csökken a hulladék térfogata, ha komposztálás esetén történik értékes komposzt keletkezik. Ez a természet egy szolgáltatása.

A kidobott hulladék között a guberálók találnak számukra értékes holmit, emiatt jólétük nő.

Mi lehet a legjobb megoldás a hulladék problémájára? A keletkezés megelőzése!

2.2. Alternatív jóléti mutatók

A GDP-nek az előzőekben bemutatott problémái miatt a 70-es évek óta próbálkoznak olyan alternatív mutatószámok kialakításával, melyek jobban tükrözik a gazdaság helyzetét, a társadalmi és környezeti viszonyokat. Az alábbiakban bemutatott mutatószámok alapvetően ugyanúgy egymutató-sak, mint a GDP, így tehát csak durva becslést adhatnak a jólét mértékére

vonatkozóan, azonban politikai döntéseknél előnyös az egy értékben aggregáló tulajdonságuk. További előnyük, hogy hosszabb időtávra kiszámítva, a változások tendenciáit is képesek tükrözni, valamint jól összevetethetők az egyes országok értékei és összehasonlíthatók a GDP alakulásával is. Mindegyikük a gyenge fenntarthatóság elvének felel meg.

A következőkben a legfontosabb jóléti mutatókkal ismerkedünk meg.

Nordhaus és Tobin 1972-ben fejlesztették ki az első közvetlen jóléti mutatót, amelyet a gazdasági jólét mércéjének neveztek (Measured Economic Welfare – MEW), és a GNP-vel való korrelációját vizsgálták az 1929–1965-ös időszakban. Azt tapasztalták, hogy az időszak egészére nézve a GNP és a MEW valóban pozitívan függött össze: a GNP minden hátegyeségy növekményére átlagosan négyegyeségy MEW-növekedés esett. Ebből arra következtetésre jutottak, hogy nincs szükség a jólét külön mérésére, mert azt a GNP nagyon jól mutatja. (Daly, 2001). Ugyanez a mutatószám más forrásokban NEW (Net Economic Welfare) néven jelenik meg. A mutatóról részletesebben lásd Kerekes-Szlávik, 2001.

2.2.1. ISEW, Fenntartható Gazdasági Jólét Mutató

1989-ben Herman Daly és John Cobb fejlesztették ki a Fenntartható Gazdasági Jólét Mutatóját (Index of Sustainable Economic Welfare), az ISEW-et¹. Céljuk az volt, hogy bemutassák, a GNP és a valódi jólét alakulása között nincsen kapcsolat, a GNP és a gazdaság növekedése nem jár együtt a társadalom tagjainak jóléti szintjének emelkedésével. A mutató előnye a GDP-hez képest, hogy nem csak az adott évi fogyasztáson alapul, hanem hosszú távú szemléletet tükröz. Figyelembe veszi a jövedelemelosztást, a háztartási és közösségi szolgáltatásokat, valamint a hosszú távú környezeti károkat.

A ISEW számításakor kiinduló tétel az egyéni fogyasztás, melyet elosztanak a jövedelemelosztás tényezőjével. Ezt követően összeadják a gazdaságban elfogyasztott termékek és szolgáltatások értékét, függetlenül attól, hogy pénzmozgás történt-e, majd levonják a fogyasztáshoz kapcsolódó költségeket, mint a kárenyhítést szolgáló kiadásokat (pl. kórházi és ingázási költségek, környezetszennyezés utólagos elhárítása stb.) valamint a kör-

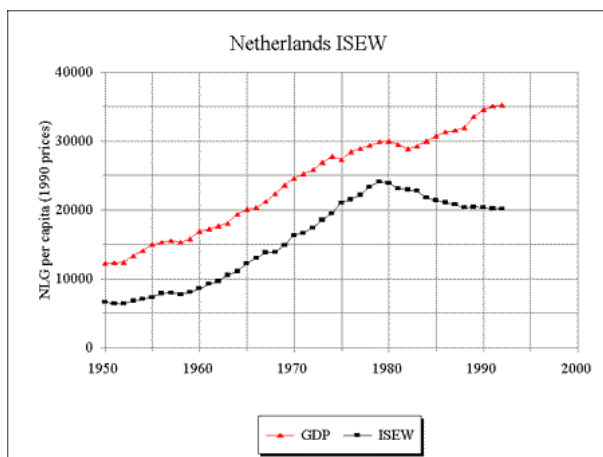
¹ A mutató részletes bemutatása Daly – Cobb: For the Common Good című könyvében található (Daly – Cobb, 1989).

nyezeti vagyon és a természeti erőforrások értékcsökkenését. A módosított fogyasztást a 2.1 táblázat szerinti tényezőkkel korrigálják (levonják vagy hozzáadják).

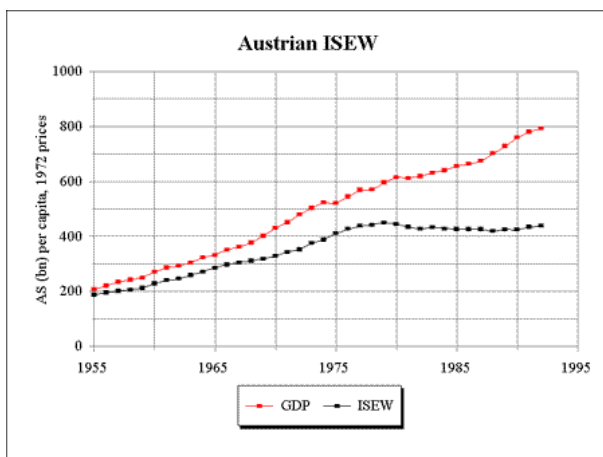
Módosítás iránya	Módosító tényező
+	Háztartási munka
+	Tartós fogyasztási javak szolgáltatásai
+	Az utak és autópályák szolgáltatásai
+	Egészségügyi és oktatási közkiadások
-	Tartós fogyasztási javak kiadásai
-	A jóléthez hozzá nem járuló egészségügyi és oktatási magánkiadás
-	Nemzeti reklámköltségek
-	Urbanizáció költségei
-	Ingázás közvetlen költsége
-	Közlekedési balesetek költsége
-	Vízszennyezés költségei
-	Zajszennyezés költségei
-	Levegőszennyezés költségei
-	Vizes élőhelyek csökkenése
-	Mezőgazdasági területek csökkenése
-	Nem-megújuló erőforrások kimerítése
-	A hosszú távú környezeti károk költségei
+	Tőkekínálat nettó növekedése
+	A külkereskedelmi mérleg nettó változása

2.1. táblázat Az ISEW számításának összetevői
(Forrás Daly –Cobb, 1989 alapján)

Az alábbiakban néhány ország hosszabb időtávra számított ISEW értékeit mutatjuk be a GDP-vel együtt ábrázolva.



2.1. ábra Hollandia ISEW és GDP értékei 1950 és 1992 között



2.2. ábra Ausztria ISEW és GDP értékei 1955 és 1992 között
Forrás: Friends of the Earth honlapja (www.foe.co.uk)

A két ábrából hasonló tanulságok vonhatók le:

- A jólét (ISEW) minden esetben alatta marad a GDP értékének.
- A GDP és az ISEW közötti különbségek 1980 után kezdenek el nőni. Az elemzések alapján a jólétet (ISEW-et) negatív irányba módosító két legfontosabb tényező a hosszú távú környezeti károk és a jövedelmi egyenlőtlenségek növekedése, ez tapasztalható mindkét ország esetében 1980 után.

A látványos elemzési eredmények ellenére az ISEW mutatónak vannak a szerzők által is elismert hiányosságai:

- Nem veszi figyelembe egy adott ország GDP-jének növekedése milyen hatást gyakorol a globális környezetre, és más országok állampolgárainak jólétére.
- Nem vonja le a fogyasztásból a legális káros termékeket, mint az alkohol vagy a dohány, sem az illegálisakat, mint a kábítószeret.

Számításának problémája, hogy nagy az adatigénye, és olyan adatokra támaszkodik, melyet a legtöbb országban nem gyűjtenek rendszeresen. A hosszú távú környezeti károk költségeit nehéz számszerűsíteni.

Hiányosságai és problémái ellenére az ISEW az egyik legátfogóbb jóléti mérőszám.

Az ásványvízfogyasztás megjelenése az ISEW-ben.

1. Az összes ásványvízfogyasztásra fordított összeg
2. Ezt az összeget korrigálni a jövedelemelosztás tényezőjével
3. Levonni belőle a következő költségeket:
 - a nem-megújuló erőforrások kimerítésével kapcsolatos költségek: a műanyag (PET) palack alapanyagához felhasznált kőolaj, a palackozott víz szállítása során felhasznált üzemanyag, a hulladékként szemétként kerülő PET palack szállítása során felhasznált üzemanyag, a palackok újrahasznosításához szükséges energia előállításánál felhasznált kimerülő erőforrás (szén, gáz vagy kőolaj), újratölthető palack esetén az üres palackok szállításához szükséges üzemanyag.
 - a környezetszennyezés költségei: a PET palackgyártó és palackozó üzem vízszenyezés költségei, zajszennyezés költségei, levegőszennyezés költségei (még akkor is, ha újratölthető, visszaváltható palackról van szó!), a nem újrahasznosított palackok elégetésekor keletkező szennyezés költségei, a hulladéklerakóra kerülő PET palackok kezelésének költségei.
 - egészségügyi költségek magas sótartalmú ásványvizek esetében: magas vérnyomás kezelésének egészségügyi költségei, magas kalcium tartalmú vizek esetében vesekő és vesehomok kezelésére fordított költségek.
 - ásványvíz reklámozására fordított költségek.

Vessük össze a kapott eredményeket a csapvíz fogyasztásának ISEW értékével.

1. Csapvíz fogyasztására költött összeg (összes vízfogyasztásból ivás céljára felhasznált érték)
2. Ezt az összeget korrigálni a jövedelemelosztás tényezőjével
3. Levonni belőle a következő költségeket:
 - Szállítása minimális költségű és környezeti hatású, csomagolva nincsen, egészségügyi hatásai elenyészők, reklámja nem jellemző, vagyis nem kell levonni belőle költségeket.

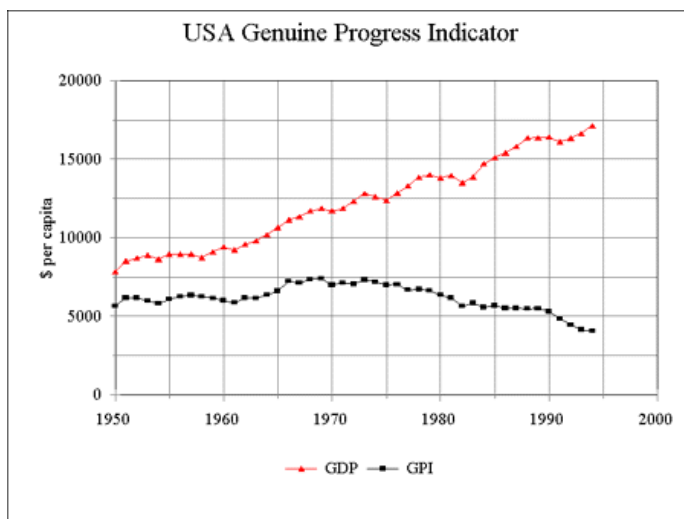
2.2.2. GPI, Valódi Fejlődés Mutató

A Valódi Fejlődés Mutató (Genuine Progress Indicator), vagyis GPI számításának alapját (hasonlóan az ISEW-hez) az ország személyi fogyasztása képezi, melyet korrigál a jövedelemelosztás tényezőjével, majd további társadalmi és ökológiai költségeket/hasznokat kifejező tényezőkkal módosítja azt. A mutatót Clifford Cobb és társai fejlesztették ki 1995-ben.

A 2.2 táblázat tételenként mutatja be a GPI összetevőit és azok hatását az általa mérni kívánt jólétre vonatkozóan. A táblázatból is jól látszik, hogy a GPI az ISEW egy kibővített változata. A táblázatban dőlt betűvel láthatók azok a sorok, amelyeket az ISEW nem tartalmazott. Ezekből kitűnik, hogy a GPI pontosítja a jólét társadalmi feltételeit, mint a családok állapota, bűnözés mértéke stb.

Módosítás iránya	Módosító tényező
+	A háztartási munka és a gyermeknevelés értéke
+	Az önkéntes munka értéke
+	A tartós fogyasztási cikkek szolgáltatásai
+	Az utak és autópályák szolgáltatásai
-	<i>A bűnözés költsége</i>
-	<i>A családok szétesésének költsége</i>
-	<i>A szabadidő csökkenése</i>
-	<i>Az alulfoglalkoztatás költsége</i>
-	A tartós fogyasztási javak kiadásai
-	Az ingázás költsége
-	<i>A háztartások szennyezés-csökkentési költségei</i>
-	Az közlekedési balesetek költsége
-	A vízszennyezés költségei
-	A levegőszennyezés költségei
-	A zaj okozta károk
-	A vizes élőhelyek csökkenése
-	A mezőgazdasági területek csökkenése
-	A nem megújuló energiaforrások kimerülése
-	Más hosszú távú környezeti károk költségei
-	<i>Az ózonréteg csökkenésének költsége</i>
-	<i>Az erdők csökkenése</i>
+ / -	Nettó beruházás
+ / -	Nettó külföldi hitelnújtás vagy kölcsönfelvétel

2.2. táblázat a GPI számításának összetevői
(Forrás: Görbe- Nemcsicsné Zsóka, 1998)



2.3. ábra A GPI és GDP értékei 1950 és 1994 között az USA-ban
 Forrás: Friends of the Earth honlapja (www.foe.co.uk)

Az ISEW-hez képest újabb tényezőkkel bővített GPI még árnyaltabb képet fest a valós jólét és a GDP közötti eltérésekről. A 2.3 ábra az Egyesült Államok GDP és GPI mutatóinak értékeit mutatja, ahol a hanyatlás az USA GPI értékének esetében is nagyjából ugyanakkor következik be, mint az előző országok ISEW mutatói esetében. A különbség a két mutató (GDP és GPI) között azonban ebben az esetben sokkal nagyobb. A GDP növekedése azt mutatja, hogy az élet az 1950-es évek eleje óta fokozatosan javult, az egy amerikaira jutó GDP a vizsgált időszakban megduplázódott. A GPI ettől nagyon különböző képet mutat: emelkedő görbe az ötvenes évek elejétől körülbelül 1970-ig, és attól kezdve mintegy 45 százalékos a fokozatos csökkenés.

A GPI feltárja, hogy a GDP növekedése mögött valójában milyen társadalmi (családok széthullása, közösségek megszűnése) és környezeti (nem-megújuló erőforrások kimerítése) problémák állnak.

Bár a tényezők száma tovább nőtt, még a GPI sem tartalmazza:

- a mániás fogyasztást, amelyről maguk a fogyasztók mondják, hogy bárcsak ne tették volna,
- a munkahelyi környezet értékét,
- az emberi tőke bizonyos szolgáltatásait, mint pl. a hatékonyságnövelő képességét,

- vízügyi beruházások által okozott környezeti károkat,
- a feketegazdaságot,
- a fajok kipusztulását és a biodiverzitás csökkenését, melynek mérése komoly nehézségekbe ütközik.

A GPI csak tovább fokozza az ISEW esetében is tapasztalható adatgyűjtési nehézségeket.

2.2.3. HDI, Emberi Fejlődés Mutató

A HDI (Human Development Index) az ENSZ által 1990-ben kifejlesztett mutatószám. Eltérés az eddigiekhez képest, hogy a HDI nem monetáris értékben (értsd pénzben) fejezi ki a jólétet, hanem egy mértékegység nélküli számban, melynek értéke 1 és 0 között lehet. Az 1-hez közeli érték a magas, míg a 0-hoz közeli érték az alacsony humán fejlettségi szintet fejezi ki. Abban is különbözik még az előzőekben bemutatott ISEW és GPI mutatóktól, hogy számítása sokkal egyszerűbb és adatigénye is kisebb, éppen ezért az ENSZ minden évben közzéteszi a mutató értékét.

A mutatót három tényező alapján számítják, melyek egyenlő súllyal szerepelnek. Ezek a következők:

1/3 arányban a születéskor várható élettartam

1/3 arányban az iskolázottság szintje

1/3 arányban az egy főre jutó GDP

A 2.3 táblázat az egyes országok HDI mutatóit ábrázolja csökkenő sorrendben. A sorból csak az első 10 és az utolsó 10 országot ábrázoltuk, valamint Magyarország elhelyezkedését, bemutatva két szomszédját is. A táblázatból kiolvasható, hogy a HDI nem mutat lényegi eltérést az országok sorrendjében a GDP-hez képest, finomít ugyan a sorrenden, de rangsort nem változtatja meg. Hátránya továbbá, hogy a környezeti változók egyáltalán nem jelennek meg benne, valamint nem tükrözi a jövedelemelosztást sem. Bár a számítási módszere egyszerű, eredménye szemléletes, azonban jelentősen együtt mozog a GDP-vel, így annak hiányosságaira nem vet fényt. Nem is meglepő az erős korrelációja a GDP-vel, hiszen a fejlett, nagy GDP-jű országokban a fejlett egészségügyi ellátásnak és gazdagabb oktatásnak köszönhetően mind a születéskor várható élettartam, mind pedig az iskolázottság szintje magasabb.

Sorszám HDI szerint	Ország	HDI	Sorrend GDP/fő szerint
1	Norvégia	0.963	2
2	Izland	0.956	6
3	Ausztrália	0.955	17
4	Luxembourg	0.949	1
5	Kanada	0.949	19
6	Svédország	0.949	8
7	Svájc	0.947	3
8	Írország	0.946	4
9	Belgium	0.945	14
10	Egyesült Államok	0.944	7
34	<i>Argentína</i>	<i>0.863</i>	<i>75</i>
35	<i>Magyarország</i>	<i>0.862</i>	<i>43</i>
36	<i>Lengyelország</i>	<i>0.858</i>	<i>52</i>
169	Mozambik	0.379	169
170	Burundi	0.378	184 (utolsó)
171	Etiópia	0.367	182
172	Közép-Afrikai Köztársaság	0.355	165
173	Guinea-Bissau	0.348	176
174	Csád	0.341	151
175	Mali	0.333	155
176	Burkina Faso	0.317	161
177	Szierra Leone	0.298	179
178	Niger	0.281	171
Súlyozott	átlag:	0.7	

2.3. táblázat Egyes országok HDI értékei csökkenő sorrendben 2003-ban – a legjobb és a legrosszabb 10 érték, és Magyarország helyzete. (Forrás: Human Development Reports, United Nations 2003, World Bank Statistics, 2004)

2.3. Környezetértékelés

Az előzőekben bemutatott jóléti mutatók arra voltak hivatottak, hogy számszerűsítsék, mekkora jólétre tesz szert egy országban egy év alatt a lakosság. Ezek a mutatószámok azonban nem adnak nekünk információt arról, hogy az adott ország mekkora természeti tőkével rendelkezik, legfeljebb arról, hogy az adott évben mennyivel csökkent a természeti tőke értéke. A mutatók kiszámításánál is jelentkeztek olyan kérdések, hogy a környezeti károk hogyan becsülhetők, és hogyan fejezhető ki pénzben a gazdasági tevékenység környezeti hatása.

A természeti tőke értékének becsülésével és a környezeti károk pénzbeli értékelésével a környezetértékelés foglalkozik.

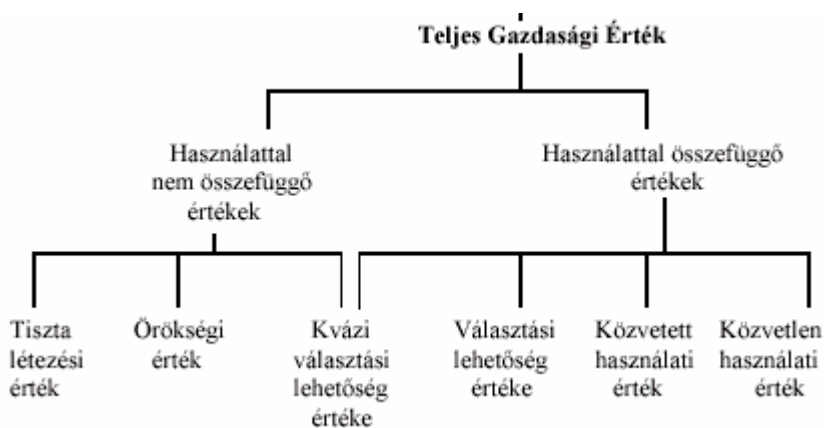
A természeti tőke monetáris vagy pénzbeli értékének meghatározása azt jelenti, hogy megpróbáljuk a természeti javak értékét a gazdaság értékrendje szerint kifejezni, vagyis annak gazdasági értékét meghatározni. Ennek mértékegysége pedig a pénz, hiszen a gazdaságban minden pénzben mérhető, amely lehetővé teszi az összehasonlítást, összevethetőséget a természeti tőke és a termelt tőke között (a gyenge fenntarthatóság elvének megfelelően). Így a környezetértékelés egy döntéstámogató eszköz, hiszen beruházások értékelésekor vagy egyes alternatívák összehasonlításakor fontos lehet mérni a természeti értékeket is. Például egy beruházási döntés esetén fontos tudni, hogy a létrehozott gazdasági érték (termelt tőke, K_M) nagyobb-e, mint a létrehozásához felhasznált vagy megkárosított természeti érték(ek) (természeti tőke (K_N) értékének csökkenése).

Az 1.3 fejezet példájához visszatérve fontos tudnunk, hogy az erdőben megépített szanatórium mekkora környezeti károkkal jár és mekkora gazdasági-társadalmi hasznokat okoz, ahhoz, hogy annak hasznosságát, vagy szükségességét megállapítsuk. A beruházást (szanatórium építését) csak akkor szabad megvalósítani, ha a létrejövő hasznok meghaladják a környezet értékének csökkenését, vagyis a kár nagyságát.

A természeti tőke értékének mérése a gazdaságban kifejezésre juttatott érték mérése alapján történik. A gazdaságban a javak értékét azok ára jelenti, az ár pedig az alapján alakul ki, hogy a fogyasztók mennyit hajlandók fizetni érte. Amennyiben egy természeti tényezőnek meghatározható a

tényleges ára vagy az árnyékára, abban az esetben ez jelenti a természeti erőforrás pénzben kifejezett értékét. A természeti javak esetén azok értékét megragadhatjuk oly módon, hogy a társadalom ezeknek milyen értéket tulajdonít, mennyit ér a társadalom tagjai számára, vagyis mennyit hajlandók érte az emberek fizetni.

Az, hogy a társadalom tagjai milyen értéket tulajdonítanak egy természeti tényezőnek, attól függ, hogy az adott jószágnak milyen funkciói vannak az ember számára. Az egyes funkciókból származó értékek összeadódnak, és így alakul ki a jószág teljes gazdasági értéke. A teljes gazdasági érték tehát összesíti a természeti javak egyes értékösszetevőit. A Teljes Gazdasági Érték koncepciója szerint ezek az értékösszetevők a következők:



2.4. ábra A Teljes Gazdasági Érték értékösszetevői
(Forrás: Marjainé Szerényi, 2000)

A természeti javak értéke tehát alapvetően a használattal összefüggő és a használatától független értékrészekből áll. A használattal összefüggő érték a környezet tényleges használatából származik. Ez a jelenbeli használat irányulhat közvetlenül, vagy közvetve a jószágra. A jövőbeli használat lehetőségét pedig a választási lehetőség testesíti meg. A kvazi választási lehetőség olyan használati értékeket rejt, melyeket a jelenben még nem is ismerünk. A használattal nem összefüggő értékek közül az örökségi érték a jövő generációk számára történő megőrzés értékét fejezi ki. A létezési érték pedig azokat a további, nem használattal kapcsolatos értékeket testesíti meg, amelyeket elveszítenénk, ha a jószág megszűnne. Az egyes értékösszete-

vők könnyebb megértéséhez az alábbi, 2.5 ábra a barlangok értékösszetevőit mutatja be.

<i>Értékrész</i>	<i>Értékalkotók</i>	<i>Magyarázat, példa</i>
<i>Használattal összefüggő értékek</i>		
Közvetlen használati értékek	Turisztikai látványosság	Rekreáció és ismeretterjesztés
	Gyógyhatás	Légúti megbetegedések kezelése illetve megelőző barlangterápia
	Vízbázis-védelem	Az aktív vagy időszakosan aktív vízvezető barlangok alapvető szerepet játszanak az ország jelentős részének ivóvízbázisát alkotó karsztvizek utánpótlása és minősége szempontjából
	Kultúrtörténeti érték	Régészeti leletek, csontmaradványok, melyek őseink fejlődésére, életmódjára adnak információt
	Kulturális érték	Például a Baradla-barlang színházteremként is működik
	Információs érték	Információt szolgáltatnak a Fold felépítésének, az éghajlat változásának, a földfelszín, az élővilág fejlődésének megismeréséhez
Közvetett használati érték	Élőhely	
	Barlanglakók	Általában csak a barlangban életképes fajok közössége
	Barlangkedvelők	Időszakosan a barlangokban tartózkodó fajok közössége
Választási lehetőség érték	Jövőbeli közvetlen vagy közvetett használat	Ha megőrizzük a barlangokat, a jövőben is lehetőségünk lesz azok közvetlen illetve közvetett használatára esetleg az eddigiektől eltérő módon is
<i>Használattal nem összefüggő értékrészek</i>		
Kvázi választási lehetőség érték	Eddig még ismeretlen információ hordozása	Ha nem őrizzük meg a barlangokat, esetleg elveszítünk eddig még nem is ismert, a jövő generáció számára fontos információkat
Örökségi érték	Mások általi jövőbeli használat	Megőrzése esetén a jövő generációk tagjai is élvezhetik a barlang szolgáltatásait
Egyéb értékek	Esztétikai, létezési érték	

2.5. ábra A TGÉ összetevői a barlangok példáján keresztül
(Forrás Marjainé Szerényi, 2000)

Az érték az alapján határozható meg, hogy mennyit ér a társadalom tagjai számára, mekkora árat hajlandók érte fizetni. Ahhoz, hogy valaminek ára legyen, szükséges, hogy valamilyen piacon áruként jelenjen meg. Ez a természeti javak esetében nem mindig teljesül.

Ha a javaknak nem létezik piaca, akkor a következőképpen becsülhető az értékük:

1. A környezet értékét összekapcsoljuk valamilyen piaccal rendelkező termék értékével. Erre jó példa az ingatlan értékek módszere (**hedonikus ármódszer**), amely az alapján becsüli a környezet értékét, hogy az mennyire befolyásolja az ingatlanok piaci árát.

Egy hulladéklerakó által okozott környezeti károkat az alapján lehet számszerűsíteni, hogy a lerakó közelében a szennyezés miatt mennyivel olcsóbbak a lakások, illetve a település hulladéklerakótól távolabbi felében pedig mennyivel drágábbak.

2. Megvizsgáljuk, az emberek mennyit voltak hajlandók fizetni közvetve azért, hogy használhassák a környezetet, ezáltal az egyének valós döntései alapján megfigyelhetjük a környezet értékelését. Ezen alapul **az utazási költség módszer**, amely azt feltételezi, hogy minél többet ér egy jószág, annál többet vagyunk hajlandók érte utazni és az utazásért fizetni. A jószág értékének meghatározásához össze kell adnunk a használók utazásra fordított költségeit és az összes egyéb, a természeti erőforrás használatához kapcsolódó költségeit.

Az utazási költség módszerével értékelhető például, hogy a Balaton megnyitit ér a magyar társadalom számára az alapján, hogy mennyi időt és pénzt költenek az ott nyaralók az utazásra, milyen messziről hajlandók odautazni és ott mennyibe kerül a tartózkodásuk (Mourato et al., 1997).

3. Létrehozunk egy mesterséges piacot, és megkérdezzük a fogyasztókat, mennyit lennének hajlandók fizetni a jószágért ezen a piacon. Nem létező döntési helyzetekben feltárjuk a fogyasztók preferenciáit. Ennek egyik eszköze a **feltételes értékelés módszere**.

Például a lakosoktól úgy lehet burkoltan megtudni, mennyit ér számukra a lakóhelyük közelében lévő zöldterület (park), hogy kitalálunk egy fiktív zöldterület rehabilitációs tervet, és megkérdezzük, támogatná e valamilyen összeggel a programot.

A környezetben keletkező károkat aszerint is lehet értékelni, hogy ezeket a társadalom számára költségnek tekintjük, és megpróbáljuk e költségek mértékét becsülni. Ez az értékelési mód akkor alkalmazható, ha a költségek közvetlenül összekapcsolhatók valamilyen piaci tevékenységgel. Ennek a becslésnek a révén a természeti tőke által nyújtott szolgáltatásokban bekövetkezett változásokat, vagy a környezeti károk társadalmi hatásait tudjuk számszerűsíteni. Ez a következőképpen történhet (Marjainé Szerényi, 2005):

- Helyettesítési költség meghatározása. Ha a természeti szolgáltatást már nem tudjuk igénybe venni, mennyibe kerülne azt mesterséges módon előállítani. Példa: a felszín alatti vizek ivóvíz szolgáltató képességének értékét helyettesítő termékek, mint palackos víz vagy kannás víz költségeivel becsülhetjük.
- Helyreállítási költség módszer. A természeti szolgáltatásokban bekövetkezett csökkenés mértékének megállapításához megvizsgáljuk, hogy mekkora ráfordítással lehetne az eredeti állapotot visszaállítani. Példa: a Kis-Balaton természetes szűrő funkcióját a mesterséges beavatkozás hatására elveszítette, ezáltal a Balaton vízminősége romlott. A Kis-Balaton természeti rehabilitációjának költségei megmutatták, mennyit ér a terület víztisztító funkciója.
- A tiszta környezet szolgáltatását úgy is mérhetjük, hogy hiánya milyen egészségügyi károkat okoz az emberek számára. Az egészségben bekövetkezett változást becsülhetjük a betegség miatt kiesett jövedelemmel, vagy az egészségügyre fordított költségekkel is.

3. A közgazdaságtan és a környezeti probléma

A fenntartható fejlődés koncepciója a sűrűsödő globális és helyi környezeti problémák észlelése kapcsán alakult ki, mintegy megoldandó a jelenlegi, és elkerülendő az újabb problémák kialakulását. A fenntartható fejlődés megvalósítására minden tudományterület kialakította saját tudományágát, így született például a környezetszociológia, a környezetföldtan, környezeti kémia stb. Őket összefoglaló néven nevezhetjük környezettudománynak, hiszen ugyanazon probléma köré szerveződtek, az ember és a környezet kölcsönhatásait helyezik vizsgálatuk középpontjába. A környezettudományt ezek alapján multidiszciplináris tudománynak nevezik, amely azt jelenti, hogy több tudományterületet (diszciplínát) foglal magában.

A közgazdaságtudomány is válaszokat keres a környezeti problémákra. A közgazdasági elemzések hasznos eszközül szolgálhatnak az emberi viselkedés megértéséhez, és annak befolyásolásához is. A közgazdaságtan két környezeti problémákkal foglalkozó ága a környezetgazdaságtan és az ökológiai közgazdaságtan, melyek nemcsak a környezet károsodását kiváltó tényezőket, hanem e tényezők működésének módját és okait is igyekeznek feltárni. A tényezők és mechanizmusok megismerése alapot jelenthet új ösztönzők kifejlesztéséhez, melyek összehangolják a gazdaság és a természeti környezet működését (Tietenberg, 2006).

A **környezetgazdaságtan** (environmental economics) a neoklasszikus közgazdaságtan elveire épül és a neoklasszikus mikro- és makroökonómia segítségével írja le a gazdaság működését, figyelembe véve a működés környezeti hatásait is. A környezetgazdaságtan alapvetően a gyenge fenntarthatóság elvei szerint közelíti meg a környezeti problémákat.

A környezetgazdaságtan alapvető feltételezései:

- Elemzéseiben alkalmazza a trade-offot (átváltást) a gazdasági haszon és a természeti környezet értékei között (termelt tőke, humán tőke, társadalmi tőke és természeti tőke). A gazdasági racionalitás mentén fel kell mérni a szennyezés költségeit, a természeti tőke értékcsökkenését és összevetni a károsító tevékenységből származó hasznokkal (költség-haszon elemzés). Az összehasonlítás alapja az egyes költségek és hasznok pénzben kifejezett értékei, vagyis a környezetgazdaságtan elfogad-

ja, sőt a gazdasági elemzésekhez szükségesnek tartja a természeti tőke és a környezeti károk pénzbeli értékelését.

- **A korlátozottan rendelkezésre álló erőforrások** esetén a javak optimális felhasználását keresi, azok megfelelő árazásával és kitermelésének optimális időzítésével.
- **A környezeti problémákat a gazdaság eszközzelrendszerevel lehet orvosolni**, tulajdonképpen a környezetszennyezés által okozott költségeket kell a szennyezők számára belsővé tenni, illetve a természeti tényezők megfelelő árazásával biztosítani azok optimális felhasználását. Ezáltal a piac megteremtése és annak mechanizmusai eszközt jelentenek a környezeti problémák megoldásához, a gazdasági racionalitással kezelhetővé tehetőek ezek a problémák, így megtalálható a környezet-szennyezés társadalmi optimuma.
- **A szennyezésnek létezik egy gazdasági-társadalmi szempontból optimális mértéke**, melynek elérésével a környezeti problémák megoldhatók. Az optimum nem jelenti a probléma teljes felszámolását, csak annak társadalmilag hatékony enyhítését.

Az **ökológiai közgazdaságtan** nem fogadja el a neoklasszikus közgazdaságtan alapfeltevéseit, sokkal inkább integrálja a különböző tudományterületek szemléletmódját, így az egyes természettudományokat és társadalomtudományi ágakat is. Elfogadja, hogy a fizika és az ökológia törvényszerűségei érvényesek a gazdaság működésére is. Az ökológiai közgazdaságtan alapvetően az erős fenntarthatóság elvei szerint közelíti meg a környezeti problémákat.

Az ökológiai közgazdaságtan alapvető feltételezései:

- Megkérdőjelezi a trade-offot (átváltást) a gazdasági haszon és a természeti környezet értékei között (termelt tőke, humán tőke, társadalmi és természeti tőke), a természeti tőke értékének fenntartását hangsúlyozza. Nem tartja összevethetőnek a természeti értékeket és a gazdasági hasznokat, de még az egyes természeti értékek egymás közti összehasonlítását sem. A pénzbeli értékelés helyett a természetes/fizikai mértekegységeket használja, és nem fogadja el azok összesíthetőségét/aggregálását sem.
- Felveti a gazdaság méretének problémáját és a maximális méretet a Föld eltartóképességében határozza meg. Keresi a gazdaság méretének maximális szintjét és a gazdaság növekedésének határait.

- A gazdaság működése által okozott ökológiai problémákat nem lehet a gazdaság logikája szerint kezelni, hanem a természeti törvényeket kell alkalmazni a gazdaság működésére is. Fontosnak tartja a termodinamika II. főtételenek, az entrópia törvényének figyelembevételét a gazdaság működésére, és hangsúlyozza a koevolúciós elméletet a társadalom és a természet fejlődésben.

Entrópia: a rendezetlenség mértéke. Az entrópia törvénye: zárt rendszerben az energia mindig a rendezett állapot felől halad a rendezetlen felé, vagyis zárt rendszerben az entrópia folyamatosan nő. A törvény szerint ez a folyamat nem visszafordítható. Ez azt jelenti a gazdaságra nézve, hogy az erőforrások és az energia, amelyek a gazdaság inputjai, rendezettek (alacsony entrópiájúak), míg a létrehozott termékek és keletkező hulladék pedig rendezetlenek (magas entrópiájúak), vagyis a földi rendszer így halad a rendezetlenség felé.

Koevolúciós elmélet: az együtt-fejlődés elmélete, mely szerint a gazdaság, a társadalom és a természet egymással kölcsönhatásban fejlődik, az egyik helyzete és fejlődésének iránya mindig visszahat a másikra, és befolyásolja annak irányát, így egymáshoz folyamatosan alkalmazkodva, dinamikusan fejlődnek. Az ökológiai közgazdászok szerint a gazdaság és az emberi társadalom jelenleg nem veszi figyelembe a természetből érkező visszajelzéseket, mely szerint a fejlődésünk iránya elszakadt a természetes folyamatok irányától, és veszélyezteti a bioszféra fejlődését.

Jellemzők	Környezetgazdaságtan	Ökológiai közgazdaságtan
Alapvető törvényyszerűségek	Neoklasszikus közgazdaságtan	Természettudományok, intézményi közgazdaságtan, társadalomtudományok
Fenntarthatósági elvek	Gyenge fenntarthatóság	Erős fenntarthatóság
Értékelés	Pénzbeli, aggregált	Fizikai egységekben, nem aggregált
Elemzés	Optimumkeresés Költség-haszon elemzés Optimális árazás	Méret problémája

3.1. táblázat Az ökológiai gazdaságtan és környezetgazdaságtan

Jelen jegyzet keretei között a neoklasszikus közgazdaságtanra épülő környezetgazdaságtan elméleteit fogjuk bemutatni.

4. Externáliák

A természeti környezet szolgáltatásainak használata (erőforrások, szennyezés befogadás) befolyásolja a társadalmi jólétet. Azoknak az egyéneknek, akik a természeti környezet szolgáltatásait igénybe veszik, a jóléti helyzete javul. De azoknak az egyéneknek, akik ennek következtében a természet körfolyamatai vagy a természeti környezet szolgáltatásaink szűkössé válása révén károkat szenvednek, azoknak a jóléti helyzete romlik. Az egyéni jólét csökkenése azonban anélkül következik be, hogy mindez a gazdasági folyamatokban megjelenne, ezért ezeket a hatásokat külső gazdasági hatásoknak, röviden externáliáknak nevezzük.

Az externália külső gazdasági hatás.

Külsőnek azért tekinthető, mert az egyén, aki a hatást elszenvedí, az okozóval, a hatás kiváltójával nem kerül gazdasági kapcsolatba, vagyis a piacon, piaci tevékenység során nem találkoznak. Az a személy tehát, akire ez a tevékenység jólétmódosító hatással van, a piaci tranzakcióban harmadik félnek tekinthető. Ugyanakkor a tevékenységet folytatók sem érzékelik ezeket a hatásokat, számukra ezek csak külső hatások.

Gazdasági hatás azért, mert az egyéni jólét ettől még módosul, csökkenhet a jólét, de növekedhet is.

A külső gazdasági hatások jellemzően **nem szándékoltak**, vagyis a hatás előidézőjének tevékenysége nem közvetlenül a hatás kiváltására irányul, az csak melléktermékként keletkezik. A hatás elszenvedője nem kap semmilyen más szereplőtől **ellentételezést** a hatás létrejötte miatt, vagyis az elszenvedett kárt nem kompenzálják, a hasznokat nem ellentételezték. Amikor a jólét változását ellentételezik, vagyis a jólét növekedésért ellentételezést adnak a hatás okozójának, a jólét csökkenéséért pedig az okozó kompenzálja a hatást elszenvedőt, akkor a külső gazdasági hatást belsővé tették, vagyis **az externáliákat internalizálták**. Ebben az esetben ugyanis a két szereplő valamilyen pénzmozgással járó gazdasági kapcsolatba kerül egymással, és az externális hatást előidéző szereplő is piaci módon érzékelni fogja tevékenységének hatását. Ha az externáliákat belsővé tették, vagyis internalizálták, akkor a hatás megszűnik tovább *külső* gazdasági hatás lenni.

Ahhoz, hogy külső gazdasági hatást (externáliát) internalizálhassuk, az előidézett hatást **ismernünk** kell. Addig például, ameddig egy anyagról nem tudjuk, hogy a környezetre vagy az emberi egészségre káros, a használatával okozott hatásokat sem tudhatjuk, így nem fogalmazódik meg a külső gazdasági (környezet-/egészségkárosító) hatás belsővé tételének lehetősége sem. Ehhez ismernünk kell, hogy a hatást mely gazdasági tevékenység idézte elő.

A DDT (Diklór-difenil-triklór-etán)

Erről a híres/hírheft növényvédő szerről ma már tudjuk, hogy az emberi szervezetre nézve káros, rákkeltő hatású. Ráadásul nagyon nehezen bomlik le, 3-5 évig változatlan formában fennmarad, és bomlástermékei évtizedekig kimutathatók. A DDT azonban csodaszerként kezdte a pályafutását a világban. Maga a vegyület már 1874-től ismert volt, az emberiség számára 1934-ben Paul Müller (Svájc) fedezte fel újra, és a rovarölő hatását is megállapította. Úgy tűnt, igazi csodafegyverre lelt, olcsó volt és nagyon hatásos. Sikeresen alkalmazták a növényvédelemben és a rovarcípéssel terjedő betegségek elleni védekezésben, mint pl. a malária, sárgaláz, álomkór, így sok millió ember életét mentette meg. Feltalálásáért 1948-ban Paul Müller Nobel-díjat kapott. A nagy sikerre való tekintettel szerte a világon előszeretettel alkalmazták a mezőgazdaságban is, ami oda vezetett, hogy túlzott adagokat juttattak ki a természetbe, anélkül, hogy ismerték volna a szer ökológiai hatásait. A DDT-nek viszont van egy olyan tulajdonsága, hogy az élő szervezetben felhalmozódik. Ez okozta a vesztét. Az 1950-es években ugyanis amerikai kutatók figyelmesek lettek a halevő ragadozó madarak állományának jelentős csökkenésére, és az egyedek vizsgálata után azok szervezetében a DDT felhalmozódását tapasztalták. Így derült fény arra a tényre, hogy a felhalmozódó vegyület a tápláléklánc csúcán elhelyezkedő fajokban dúsul fel leginkább, és fejt ki káros hatását. Az ennek kapcsán elindult kutatások pedig kimutatták, hogy ez a „csodaszer” az emberi szervezetben rákot okoz. Ezek után a világ minden országában betiltották (Magyarországon a világon elsőként 1968-ban). A csodaszer végül rémisztő fegyverré vált.

Forrás: Cunningham – Woodworth Saigo, 1995

A külső gazdasági hatást kiváltó tevékenységnek tehát a közgazdaságtan számára érzékelhető gazdasági tevékenységnek kell lennie². Ez lehet termelés (termék előállítása vagy szolgáltatás), de gazdasági tevékenységnek tekinthetjük a fogyasztást is, hiszen mindkettő idéz elő a gazdaságban pénzmozgást, és meghatározható értékük is. Az eltérő gazdasági tevékenységek alapján úgy csoportosíthatjuk az externáliákat is, hogy az milyen típusú tevékenységhez kötődik. Ezáltal megkülönböztethetünk a termelési tevékenységhez (termék előállításához vagy szolgáltatáshoz) kötődő **termelési externáliát**, valamint a fogyasztási folyamathoz kötődő **fogyasztási externáliát**.

A gazdasági tevékenység harmadik személyre gyakorolt hatása többféle lehet. Alapvetően a jólét növekedése vagy csökkenése várható tőle. Ezek alapján a külső gazdasági hatás jólétet növelő esetét **pozitív externáliának**, a jólétet csökkentőt pedig **negatív externáliának** nevezük. A jólét változás a közgazdasági logika alapján alapvetően kétféleképpen képzelhető el: a hasznok vagy a költségek változásával. A pozitív externália tehát kétféleképpen állhat elő, vagy a hasznok növekedésével, vagy a költségek csökkenésével, ugyanígy a negatív externália a hasznok csökkenésével, vagy a költségek növekedésével.

Az externáliák csoportosítását és típusait a 4.1 táblázat szemlélteti. A csoportosítás tehát a gazdasági tevékenység formája, a jólét változásának iránya, és a jólétmódosító hatás szerint történik. A táblázatban minden típusú externáliára egy-egy példa látható a mezőgazdaság témaköréből.

² A társadalom egyéb tevékenységei által okozott jóléti hatásokkal ebben a környezetgazdaságtan jegyzetben nem foglalkozunk.

	Pozitív		Negatív	
	hasznosság növelő	költség csökkentő	hasznosság csökkentő	költség növelő
Fogyasztási externália	bio-élelmiszerek fogyasztása révén nő a természeti környezet ökológiai értéke, nő a biodiverzitás	a hazai élelmiszerek fogyasztása csökkenti a szállítás környezeti kárait	az autópályák és a gépkocsik szolgáltatásainak fogyasztása során keletkező szennyezések (füstgáz, ülepedés, hulladékok stb) az utak melletti földterületek szennyeződését okozzák	a közutak szolgáltatásainak növekvő fogyasztása egyre nagyobb forgalommal jár, ez pedig növekvő károkat okoz a vadállományban
Termelési externália	kisebbségi, helyi fajták termesztése növeli a genetikai sokféleséget valamint a kórokozókkal és kártevőkkel szembeni ellenállást	a megfelelő növényvédelem csökkenti a környező gazdálkodók növényvédelmi költségeit	a genetikailag módosított növények (GMO-k) termesztése ökológiai és egészségügyi kockázatokkal jár	az ipari eredetű légszennyezés károsítja a közelben gazdálkodók természetét, haszonállatait

4.1. táblázat Az externáliák csoportosítása és példái a mezőgazdaság témaköréből

A környezetszennyezés esetében miért beszélhetünk externáliáról?

- A gazdasági tevékenység által okozott környezetszennyezés nem csak azokat érinti, akik a terméket fogyasztják vagy a szolgáltatást igénybe veszik, hanem harmadik személyek jóléte is módosul (csökken).
- A gazdasági tevékenység célja nem a környezet károsítása, hanem a termék vagy szolgáltatás előállítása. A környezetszennyezés tehát nem szándékolt, csak a tevékenység „mellékterméke”.

- A környezetszennyezésért az elszenvedők nem kapnak kompenzációt. Amennyiben már kaptak, akkor az externáliát internalizálták és az a szennyezőanyag kibocsátás már nem tekinthető külső gazdasági hatásnak, mert a szennyező fél számára ez a szennyezéssel kapcsolatos kiadási tétel megjelent saját költségei között.
- A környezetszennyezés ismert jelenség olyan értelemben, hogy az anyagok és energiák kibocsátása a természeti környezetbe köztudottan annak káros változásait idézi elő.

Amennyiben a nem-szándékoltság és a kompenzáció hiánya teljesül, akkor a környezetszennyezést a környezetgazdaságtan negatív externáliának tekintik. A jegyzetben a termelési externáliákkal, vagyis a termelési tevékenység során felmerülő környezetszennyezési problémákkal fogunk a környezetszennyezés gazdaságtana fejezetben foglalkozni, így a fogyasztási tevékenységet is az elfogyasztott termék vagy szolgáltatás előállításának oldaláról közelítjük meg. A szennyezés mértéke és jellege meghatározza, mekkora jólétsökkenést idéz elő.

A jólétsökkenés mértékét externális költségnek fogjuk nevezni.

Az externális költség fogalma magában foglalja a jólétsökkenést előidéző költségnövekedést, de tekinthetjük a hasznosság csökkenés negatív mértékének is.

Az externális költség kifejezi az elmaradt hasznok és a létrejött költségek mértékét.

A környezetszennyezés csak akkor jár externális költségekkel, ha mértéke meghaladja a környezet szennyezésbefogadó vagy hulladékasszimiláló kapacitását. Ez alatt a kibocsátási szint alatt ugyanis a természet szolgáltatásainak köszönhetően a szennyezőanyag lebomlik, így nem keletkezik környezeti kár.



II. RÉSZ

**A KÖRNYEZETSZENNYEZÉS
GAZDASÁGTANA**

5. A szennyezés társadalmi optimuma

A környezetszennyezés önmagában nem közgazdasági fogalom. Alapvetően fizikai jelenségről van szó, amely fizikai, kémiai, biológiai, ökológiai hatásokat vált ki a környezetben. Hogyan kapcsolható össze a környezetszennyezés jelensége a közgazdaságtan alapvető elméleti fogalmaival? Ehhez meg kell ragadunk azt a folyamatot, ahogyan maga a szennyezés vagy a szennyezés által kiváltott hatások befolyásolják a társadalom tagjainak jólétét azáltal, hogy a szennyezés környezeti hatásai további egészségügyi, érzelmi vagy gazdasági hatásokat okoznak. Ehhez a tárgyalás egyszerűsítése érdekében a társadalom tagjait két csoportra osztjuk. Az egyik a szennyező, aki az adott környezeti hatást elindítja, a másik pedig a károsult, akire kedvezőtlen hatást gyakorol a szennyezőanyag vagy az általa előidézett környezeti változások. Ebben a fejezetben ennek a két szereplőnek a jóléti helyzetét vizsgáljuk a szennyezés különböző szintjei mellett. A fő összefüggések megvilágítása érdekében a kérdéskört a szükséges egyszerűsítésekkel, modellszerűen tárgyaljuk.

5.1. A szennyezés mint negatív externália

A szennyező a szennyezést valamilyen termelő tevékenysége során, nem szándékoltan juttatja a környezetbe. Tehát abból indulunk ki, hogy a szennyezés a gazdasági aktivitás révén keletkezik, vagyis az érintettek jóléti helyzetének változásait a gazdasági aktivitás függvényében, tipikusan a termelés függvényében fogjuk értelmezni. A gazdasági aktivitás a szennyezőnek pozitív hasznot eredményez, miközben nem szándékoltan szennyezést bocsát ki. A szennyezés miatt mások károkat tapasztalnak. Ha a szennyezés által okozott károk csökkentik a károsultak jólétét és a szennyező nem kompenzálja a károsultat a keletkezett károkért, akkor az előző fejezet értelmében negatív externáliáról vagy externális költségről beszélünk.

A szennyezés fizikai fogalomkörétől eljutottunk tehát a szennyezés közgazdasági fogalmához. A közgazdasági értelemben vett szennyezéssel kapcsolatos legfontosabb megfigyelésünk az, hogy a szennyezéstől függő jóléti változások ellentétesek a társadalom érintettjeinek, azaz a szennyezőnek és a károsultnak a szempontjából.

A szennyezéssel járó gazdasági tevékenységek esetén jóléti konfliktus lép fel.

Ez megfelel annak az intuíciónak, hogy a szennyezéssel kapcsolatos érdekek ellentétesek. A károsultnak jelentős károkat kell elviselnie a gazdasági aktivitás magas szintje esetén, ezek a károk azonban a szennyező szempontjából externális költségek maradnak, miközben a termelésből származó saját haszna magas. Ezzel szemben, ha a gazdasági aktivitás alacsony szinten marad, akkor a szennyezés is alacsony lesz, így nem keletkeznek magas externális költségek, de a szennyező magánhaszna is alacsony lesz, mert nem érheti el a gazdasági aktivitásból nyerhető legnagyobb termelői profitot. Ez a jóléti konfliktus azt a közgazdasági kérdést eredményezi, hogyan található meg az ellentétes jóléti érdekek között az optimum.

5.2. Az externália optimuma

A szennyezéssel kapcsolatos jóléti konfliktus magában rejti a közgazdasági optimumot. Ennek az optimumnak a léte és közgazdasági értelmezése legegyszerűbben grafikusán mutatható be. Ehhez ábrázolnunk kell a szennyezéstől függő jólétváltozást mind a szennyező, mind a károsult esetében.

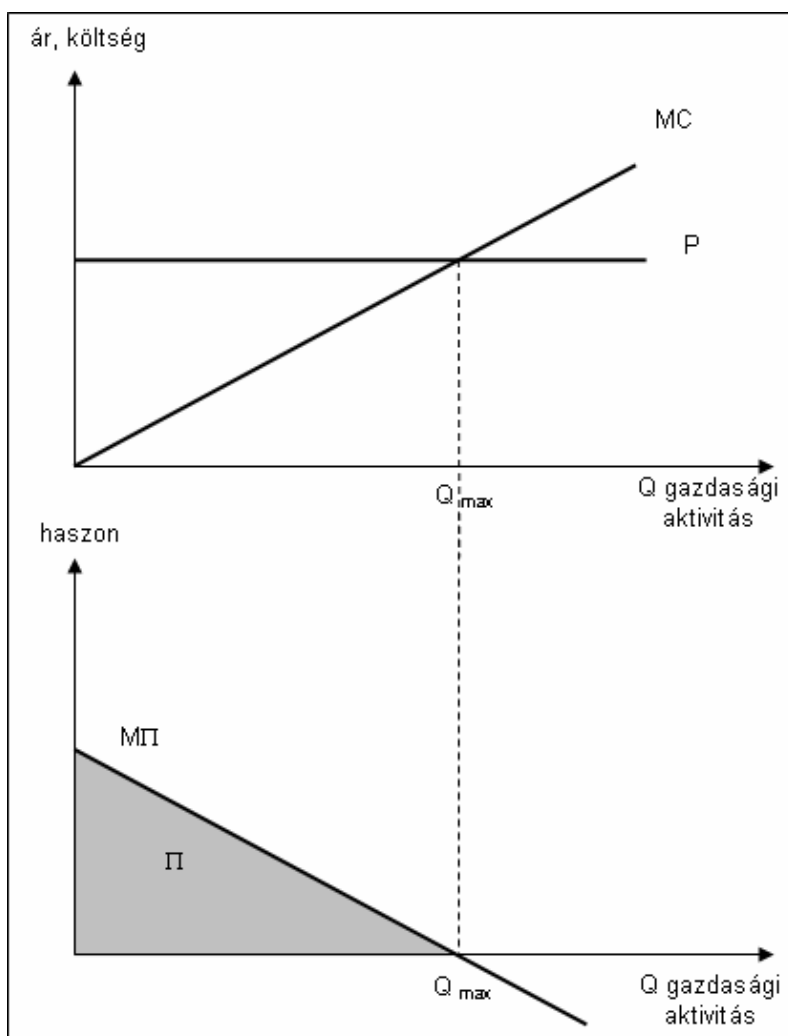
5.2.1. A szennyező haszna

A szennyező szennyezéstől függő jóléti helyzetét a szennyezéstől függő hasznainak változása fejezi ki. Ne felejtjük, hogy a szennyező nem szándékosan szennyez, az általa kibocsátott szennyezés alapvetően saját gazdasági aktivitásának, többnyire termelő tevékenységének a velejárója. Ezért amit ábrázolnunk kell, az a gazdasági aktivitástól függő egyéni profitváltozás, vagyis egyéni határprofit. Az egyéni határprofit alakulásával kapcsolatosan az egyszerűsítés érdekében két fontos feltételt vezetünk be.

1. Az egyik, hogy a szennyező által végzett gazdasági aktivitás tökéletes versenyző piacon történik. Ebből adódóan a gazdasági aktivitásból származó termék piacán az általunk vizsgált szennyező árelfogadó pozícióban van, vagyis a termék piaci ára (P) nem függ a szennyezőnk által megválasztott termelési szinttől (P konstans).
2. A másik, hogy a szennyező által folytatott gazdasági aktivitás egyre magasabb szintjei egyre nagyobb termelési költséggel járnak, mégpedig oly módon, hogy a gazdasági aktivitástól függő termelési költség válto-

zása konstans, azaz az egyéni termelési határköltség (MC) lineáris monoton növekvő görbe.

E két feltevés nem túlzottan korlátozó, viszont leegyszerűsíti az ábrázolást és a környezetgazdaságtani optimum alapvető koncepciójának megragadását. E két feltétel mellett ugyanis nagyon egyszerű formájú egyéni határprofit görbét kapunk. A szennyező jóléti helyzetére gyakorolt hatást az 5.1. ábra segítségével mutatjuk be.



5.1. ábra A szennyezéssel járó gazdasági aktivitás jóléti hatása a szennyező számára (Pearce-Turner, 1990 alapján)

A szennyező úgy választja meg gazdasági aktivitásának szintjét, hogy az abból származó teljes haszna a lehető legnagyobb legyen. Ezért egészen addig növeli a termelést, amíg a termelés egységnyi növeléséből származó bevétele (MR) nagyobb, mint a termelés egységnyi növeléséből származó költsége, (MC) vagyis amíg $MR > MC$. A határbevétel ebben az esetben az árat jelenti ($MR = P$), ezért a szennyező számára a profitmaximumot az a termelési szint eredményezi, ahol:

$$MC = P \quad (5.1.)$$

Az ekkor megfigyelhető gazdasági aktivitás szintje Q_{\max} , amely a szennyező számára az egyensúlyi pontot jelenti. A szennyező termeléstől függő összes profitja ugyanis ebben a pontban maximális, hiszen az összes profit változása Q_{\max} szint alatt pozitív, a Q_{\max} szint fölé növelt termelés hatására azonban már negatív profit keletkezik.

Mivel az egyéni határprofit (MΠ) a határbevétel és a határköltség különbsége, azaz:

$$M\Pi = P - MC \quad (5.2.)$$

ezért a két előző összefüggés alapján a piaci optimumban a szennyezéstől függő határprofit zéró, azaz:

$$M\Pi = 0 \quad (5.3.)$$

A szennyezéstől függő összes profitot tehát a határprofit alatti terület nagysága fejezi ki (Π), amely a gazdasági aktivitás Q_{\max} szintje esetén a legnagyobb.

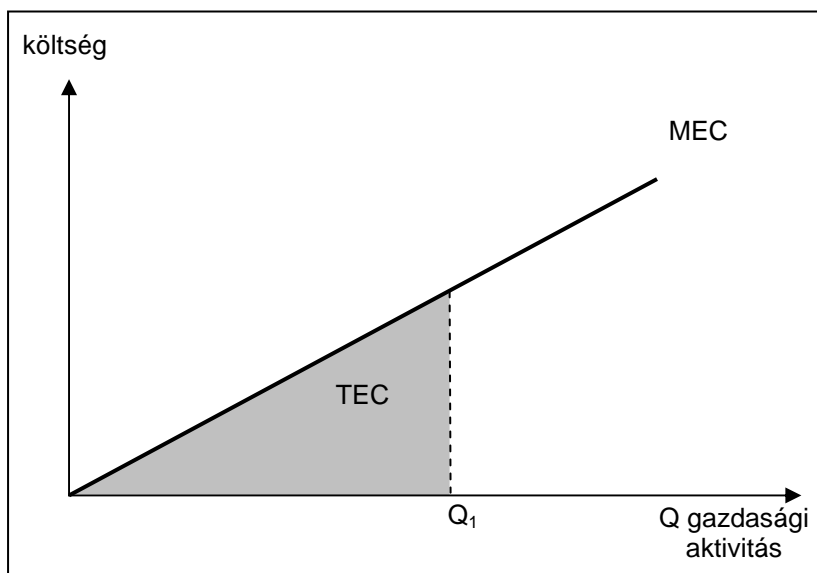
5.2.2. A szennyezés károsultjainak költsége

Azoknak az érintetteknek a jóléti helyzetét, akik a szennyezéstől károkat szenvednek el, a náluk megjelenő externális költségek alakulásával fejezzük ki. Ezért amit ábrázolnunk kell, az a szennyezéssel járó gazdasági aktivitási szint változásának hatása az externális költségekre. A gazdasági aktivitástól függő externális költségváltozás alakulásával kapcsolatban is bevezetünk két fontos egyszerűsítést.

1. Feltesszük, hogy magasabb gazdasági aktivitás magasabb szennyezéssel jár, mégpedig a további megkötéssel, hogy egységnyi változás a gazdasági aktivitás szintjében minden termelési szinten azonos nagyságú szennyezés kibocsátás változással jár.

2. Feltételezzük, hogy a szennyezés egységnyi változása az externális költségeket mindig azonos mértékben változtatja.

Így összességében az a feltevésünk, hogy az a gazdasági aktivitás egységnyi változása externális költség nagyságában azonos nagyságú változást eredményez, azaz a gazdasági aktivitás függvényében ábrázolt externális határköltség görbe (MEC, marginal external cost) lineáris monoton növekvő. Ezekkel az egyszerűsítésekkel egy nagyon könnyen ábrázolható externális határköltség görbét kapunk.



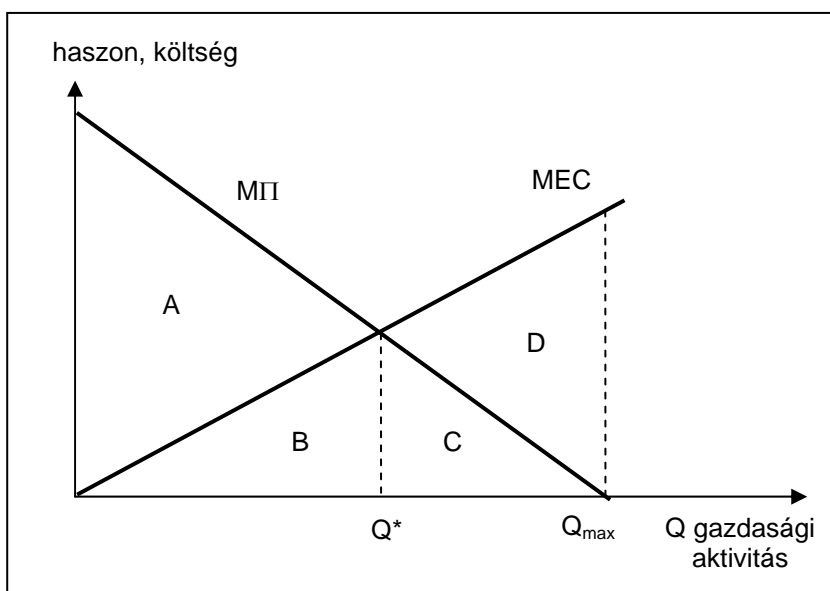
5.2. ábra A szennyezéssel járó gazdasági aktivitás jóléti hatása a szennyezés károsultjainak számára

Az ábrán tetszőlegesen kiválasztott Q_1 szintű gazdasági aktivitáshoz az externális határköltség görbén egy magas pozitív érték tartozik. Ha a termelés szintje Q_1 , akkor az azzal járó szennyezés károsultjai összesen a TEC (total external cost) nagyságú externális költséget kénytelenek elviselni vagyis az origó és Q_1 közötti szakaszon az externális határköltség görbe alatti területet.

5.2.3. A szennyezés társadalmi optimuma

Mivel ugyanabban a térben állapítottuk meg a környezetszennyezés jóléti hatásait, ezért a fenti görbéket közös koordináta rendszerben ábrázolhat-

juk. Így megkapjuk a jóléti konfliktus és a társadalmi optimum grafikus megoldását. A koordináta rendszer vízszintes tengelye, Q a szennyező gazdasági aktivitásának szintjét méri, a függőleges tengelyen pedig mindkét érintett, a szennyező és a károsult hasznának és költségének változását mérjük a gazdasági aktivitás függvényében.



5.3. ábra A szennyezés társadalmi optimuma
(Pearce-Turner, 1990 alapján)

Az ábra alapján megállapíthatjuk, hogy a szennyezést okozó gazdasági aktivitás optimális szintje a két görbe metszéspontjában található, azaz Q^* a gazdasági aktivitás társadalmi optimuma. Hogy miért, arra az ábra és a görbék levezetése alapján is választ kaphatunk.

A korábbiakban már megállapítottuk, hogy az ábrán szereplő görbék jóléti változásokat fejeznek ki, azaz egyéni határhaszon (MΠ) és externális határköltség (MEC) görbék. Ezért a görbék alatti területek a teljes egyéni profit és a teljes externális költség mennyiségét mutatják. Beláttuk, hogy a szennyező egyéni tiszta hasznának maximuma Q_{\max} -ban található, és nagysága összesen $A+B+C$. A gazdasági aktivitásnak ezen a Q_{\max} szintjén a szennyezés károsultjainak összes externális költsége $B+C+D$. Ekkor a teljes társadalom tiszta haszna az összes haszon és az összes költség különbsége, azaz $(A+B+C) - (B+C+D)$, vagyis $A - D$.

Tegyük fel, hogy a társadalom valamennyi tagjának jóléti változása azonos súllyal esik latba. Vagyis a szennyező egyéni hasznának egységnyi csökkenése éppen akkora társadalmi jóléti veszteséget jelent, mint a károsult externális költségének egységnyi növekedése. Ezért a társadalom jóléti célját úgy lehet megfogalmazni, hogy maximalizálni kell a társadalmi tiszta haszon nagyságát, vagyis a cél A terület maximalizálása és D terület minimalizálása. Belátható, hogy az így definiált tiszta társadalmi haszon maximuma az A területtel egyenlő, amelyet csak akkor érhetünk el, ha a gazdasági aktivitás szintje Q^* . Ennél a termelési szintnél keletkezik összesen $A+B$ nagyságú egyéni haszon és B nagyságú externális költség. A tiszta társadalmi haszon tehát: $(A+B) - B = A$. Ha a termelés Q^* fölé emelkedne, akkor kisebb lenne a termelésnövekedés révén keletkező egyéni haszonnövekedés, mint a termelésnövekedés miatt keletkező externális költség-növekedés ($MPI < MEC$). Ha a termelés Q^* alá csökkenne, akkor kisebb lenne a termelés-csökkenés révén jelentkező externális költségcsökkenés, mint a termelés-csökkenés miatt bekövetkező egyéni haszoncsökkenés ($MEC < MPI$). Ezért az A terület maximalizálásának feltétele:

$$MPI = MEC \quad (5.4.)$$

Ugyanezt megkaphatjuk a következő gondolatmenetből is. Láttuk az (5.3) és (5.2) összefüggések alapján, hogy a szennyező számára optimális termelési szintet a $P = MC$ összefüggés határozza meg. Ez azt eredményezi, hogy a szennyező Q_{\max} szintű termelést választ. Azonban ez nem lehet társadalmi optimum, mert nem veszi figyelembe, hogy Q_{\max} termelési szinten már nagyon magas externális határköltség keletkezik, miközben az utolsó egységnyi termelésnövekedés egyéni határhaszna nulla. Ezért a társadalom szempontjából az lenne a kívánatos, ha a termelési szint megválasztásakor nemcsak a termelés egyéni határköltségét (MC), hanem a termelés externális határköltségét (MEC) is figyelembe vennénk. Vagyis a társadalmi optimum megkereséséhez szükségünk van a termelés teljes társadalmi határköltségére (MSC , marginal social cost), amely az egyéni és az externális határköltségek összege, azaz:

$$MSC = MC + MEC \quad (5.5.)$$

Ennek felhasználásával a termelés társadalmilag optimális szintjét a

$$P = MSC \quad (5.6.)$$

összefüggés szerint határozhatjuk meg, vagyis az utolsó megtermelt termék ára nemcsak a termelő egyéni határkölségét, hanem a termelésből eredő szennyezés externális határkölségét is tartalmazza. E két összefüggés alapján:

$$P - MC = MEC \quad (5.7.)$$

A baloldaltól pedig az (5.2.) összefüggés alapján tudjuk, hogy a termelés egyéni határhasznát jelenti, tehát összességében azt kapjuk, hogy a termelés társadalmilag optimális szintjén:

$$MPI = MEC \quad (5.8.)$$

A gazdasági aktivitás társadalmilag optimális szintjében tehát éppen egyenlő a termelés egységnyi változásától függő egyéni haszonnak és externális költségnek a változása. Ez a feltétel biztosítja, hogy a termeléstől függő tiszta társadalmi haszon a lehető legnagyobb legyen.

A következőkben foglaljuk össze megfigyeléseinket. Először is:

Az externália egyéni és társadalmi optimuma eltérő.

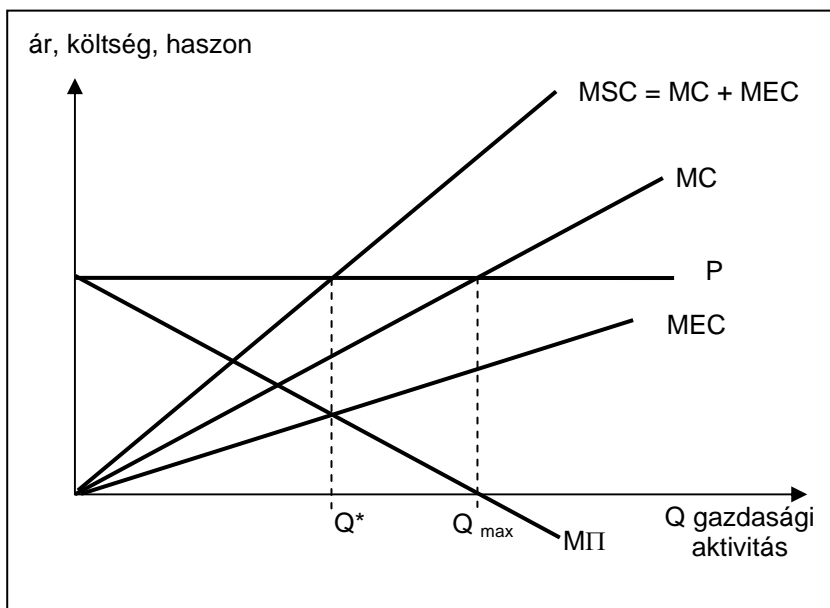
Másodszor, a szennyező lehetséges összes profitjának ($A+B+C$) egy része **társadalmilag nem indokolt profitnak** tekinthető, amit a C terület fejez ki. Ennek a C profit volumenének a keletkezése ugyanis önmagánál jóval nagyobb, összesen $C+D$ nagyságú externális költség keletkezésével jár együtt, amit csak a termelési szint társadalmi optimumra történő csökkenésével lehet elkerülni. Így C terület az optimális profitszökkenés. Vagyis:

Az externális költséggel járó termelési tevékenységből származó profit társadalmi optimuma a lehetséges profitmaximumnál kisebb.

Harmadszor pedig vegyük észre, hogy a társadalmi optimumban a negatív externália nem nulla, ugyanis ekkor is létrejön összesen B terület nagyságának megfelelő összes externális költség. Ez a B terület tehát az ábrán a **társadalmilag indokolt externális költség** nagyságát jelöli. Tehát:

Az externális költséggel járó termelési tevékenységből származó externália társadalmi optimuma nullánál nagyobb.

A tárgyalt összefüggéseket foglalja össze a következő 5.4 ábra



5.4. ábra Jóléti konfliktus és társadalmi optimum szennyezéssel járó gazdasági tevékenység esetén

6. Az optimális szennyezés elérése piaci alku révén

Az előző fejezetben beláttuk, hogy amennyiben a gazdasági aktivitás negatív externáliák keletkezésével jár együtt, akkor az adott termelő tevékenység társadalmilag optimális szintje nem esik egybe az egyénileg optimális szinttel. Felmerül tehát a kérdés, hogy ilyen esetben hogyan lehet elérni, hogy a termelés ne haladja meg azt a szintet, amely maximalizálja az ebből származó tiszta társadalmi jólétet. Kézenfekvőnek tűnik, hogy szükség van az állam beavatkozására. A következő két fejezetben alaposabban tárgyaljuk majd, hogy az állam milyen módon segítheti a negatív externália társadalmilag indokolt szintre csökkentését. Előtte azonban nézzük meg, hogy **megoldható-e a tárgyalta jóléti konfliktus közvetlen állami beavatkozás nélkül**. Erről a kérdéstről szól a fejezet.

Képzeljünk el egy olyan helyzetet, amelyben a két érintett társadalmi csoport, a szennyezők és a szennyezés károsultjainak csoportja mindössze egy-egy szereplőből áll.

Például vegyünk egy kávéházat, amely egy városi társas lakóház földszintjén működik. A kávéház működtetése üzemi zajjal jár, ami elsősorban a vendégek csevegéséből, a pincérek jövésmenéséből, és egy kis porceléncsörgésből áll össze. Az év nagy részében a kávéház egy teraszt is használ, ahol 20 asztalnál összesen majdnem 100 vendéget tudnak kiszolgálni. A terasz különösen szép időben nagyon népszerű, ezért a környék lakóinak véleménye szerint a kávéház az év öt-hat hónapjában határozottan növeli az utca azon részének zaját. Az önkormányzatnál elsősorban a kávéház feletti és a szemközti lakóházban lakók panaszkodnak, akik közös képviselőt választanak, hogy elérjék, az önkormányzat nekik adjon igazat, a képviselő érvényesítse érdekeiket.

Az egyik szereplő (kávéház) a gazdasági tevékenység folytatásában érdekelt, abból üzleti hasznot szeretne elérni (nyári esték vendégforgalma a teraszon). A másik szereplő (lakóközösség) a gazdasági tevékenység korlátozásában vagy teljes megszüntetésében érdekelt, mert szenvednek a tevékenység externális költségeitől (zaj, ablakok hangszigetelése, a nyáron is zárt ablakok miatt ventilátor, légkondicionálók beszerelése, üzemeltetése).

A két szereplő nem ért egyet abban, hogy mi a jogi helyzet, vagyis melyikük kényszerítheti rá az akaratát a másikra. A termelőnek (kávéháznak) van joga szabadon működni és zajjal szennyezni a környezetét, vagy a lakóknak van joga a csendhez, és megakadályozhatják a zajszennyezéssel járó gazdasági tevékenységet? Nézzük meg mindkét esetet!

„A” eset: Az önkormányzat az ügy kapcsán áttekinti a szabályozást, és a következő általános érvényű rendeletet adja ki: este 10 óráig korlátozás nélkül folytatható az engedéllyel rendelkező szabadtéri vendéglátó egységek működése, azaz a kávéház addig szabadon használhatja teraszát. Azonban este 10 órától egyáltalán nem folytatható a szabadtéri vendéglátó tevékenység, kivéve, ha annak zajosságával kapcsolatosan nem érkezik panasz a jegyzőhöz. A rendelettel a lakók elégedettek, hatálybalépésével a zajszennyezés este 10-től megszűnt, hiszen a kávéház a már befutott panaszok miatt kénytelen 10-kor beszüntetni a teraszon levő asztalok üzemeltetését.

Amennyiben a csendhez fűződő jogokat rögzítjük, akkor a zajszennyezés károsultjai kapják meg a környezethasználati jogokat, így az adott szennyező gazdasági tevékenység, a húszasztalos kávéházi terasz működése este 10 órától nulla szintre csökken. Ezzel megszűnik a gazdasági tevékenységből származó negatív externália (a zajszennyezés nulla, ezért az ablakok nyitva maradnak, nem kell költeni ventilátorok és légkondicionálók üzemeltetésére) és a gazdasági tevékenységből származó haszon is megszűnik (a terasz egyetlen fillér hasznot sem termel este 10 után).

A kávéház üzemeltetője nagyon nagy haszontól esik el. A terasz este 8-9 között kezdett megtelni, és a nyári hónapokban éjfélig, hajnal 1 óráig tele volt. A kötelező záróra éppen a leginkább gyümölcsöző esti működést akadályozza meg, este 10-kor mind a 20 asztalt leszedik a teraszról. A rendelet többszöri elolvasása után veszi észre a kávéház üzemeltetője, hogy ha egyetlen lakó sem tenne panaszt, akkor a terasz akár működhetne 10 után is. Ez a lehetőség felvillanyozza, felkeresi a lakók közös képviselőjét, és alkut ajánl neki. A kávéház a teraszt este 10 és éjfél között csökkentett asztalszámmal, de szeretné továbbra is használni. Amennyiben egy hétig egyetlen panasz sem érkezik, akkor bizonyos összeget szívesen felajánl hozzájárulásként az érintett lakóházak közös költségeire. A közös képviselő

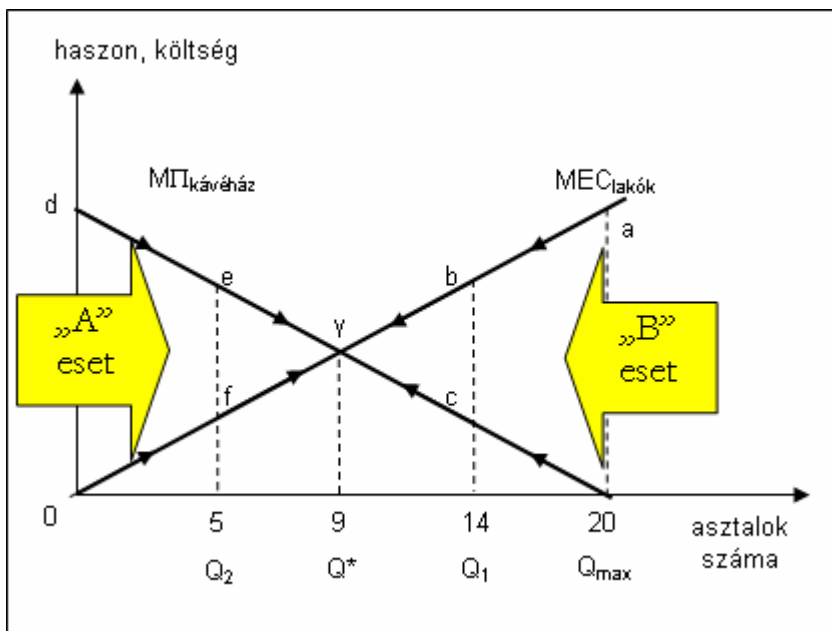
lő a lakógyűlés felhatalmazásával megállapodik a kávéház üzemeltetőjével a kompenzáció összegéről. A kávéház ezután nem szedi le este 10-kor az összes asztalt, hanem csökkentett üzemben működteti a teraszt, és hetente utalja a pénzt a lakók kompenzálására.

Ha az alkunak nincs akadály, akkor mindkét szereplő érdekelt abban, hogy megállapodjanak arról, mennyi is legyen a gazdasági aktivitás szintje. A termelő motivációja világos: üzleti profitját, vagy annak legalább egy részét szeretné visszaszerezni. Azonban a megállapodásra a szennyezés károsultjait is rá lehet venni. A gazdasági aktivitás alacsonyabb szintjei mellett ugyanis alacsonyabb externális költségek keletkeznek, amelyeket hajlandó elviselni a másik fél, ha legalább azzal egyenlő értékű vagy annál nagyobb kompenzációt kaphat a szennyezőtől. A jóléti konfliktusra vonatkozó korábbi feltevéseink miatt (lásd 5. fejezet) az alku elindulására és az első megállapodásra minden esély megvan. A szennyező ugyanis ebben az esetben jóval nagyobb egyéni hasznot ér el, ha tevékenysége nulláról elindulhat, (1, 2, vagy akár 5 asztal a teraszon este 10 és éjfél között) mint amekkora externális költséget ennek az alacsony szintű gazdasági aktivitásnak a hatására a másik félnek el kell szenvednie (kismértékű zajszenyezés). Meddig folyhat tovább a szennyezéssel járó tevékenység növelése?

A megállapodást követően a kávéház az első héten mindössze 1 asztallal indította az este 10 és éjfél közötti próbaüzemet a teraszon. Nem érkezett panasz, a pénzt a hétvégén átutalta a lakóközösség számlájára. Ezután hetente egy-egy asztallal növelte a teraszon az asztalok számát. Már 5 asztallal működtek, amikor az első panasz befutott. Ekkor a kávéház üzemeltetője úgy érezte, hogy nagy kár lenne itt megállni, szívesen megemeli a kompenzációt, ha ennek révén a lakók még egy kicsivel több zajt hajlandóak eltűrni. Nagyobb társaságokat így még nem tud a teraszon leültetni, ahhoz legalább 7-8 asztal kellene. Az ajánlatát a közös képviselő elfogadta, de ezután már hetente kellett emelni a kompenzáció összegét is. Tíz asztallal üzemelt a terasz, amikor ismét panaszok futottak be. Tárgyalni kezdtek, de a kávéház üzemeltetője már sokallta, amit a lakók képviselője kért, annyit már nem hoz neki egy tizedik asztal. Ezért levettek egy asztalt, és kilenc asztallal üzemeltek tovább anélkül, hogy panasz érkezett volna, a kialakított összeget a kávéház hétről hétre átutalta.

A tulajdonjogok kezdeti meghatározása után a felek a jogok bizonyos részének, elkülöníthető egységeinek tulajdoni elosztását tárgyalják újra. Ebben az esetben egységnyi növekedés a termelésben csak akkor lehetséges, ha a károsultak a kompenzációs transzfer elfogadásával hajlandóak elviselni a szennyezés externális költségeit. Erre addig van lehetőség, amíg az egységnyi termelés növekedés nagyobb profit növekedést okoz a szennyezőnek, mint amennyit kompenzációként fel kell ajánlania az externális költségek viselőinek, vagyis amíg $MP > MEC$.

A következő, 6.1 ábra „A” esete mutatja, hogy az alku az origóból indult (0 asztal este 10 és éjfél között). Ekkor a szennyező a d pontban van, teljes profitját (a terasz este 10 utáni potenciális profitját) elveszítette. Az externális összköltség is nulla. Az alku lehetősége esetén az egyensúlyi pont Q^* lesz. Egészen eddig 0 és Q^* között nincs olyan termelési szint, ahol ne érné meg még tovább növelni a termelést. Például a Q_2 pontban a szennyező határhaszna e , miközben a károsultak externális határköltsége annál jóval kisebb, f . A kettő között bármilyen összegben meg tudnak állapodni, és mindketten jobban járnak. Q^* termelési szintnél már nem tud a szennyező nagyobb összeget felajánlani annál, mint amekkora kárt a termelés további növelése okozna.



6.1. ábra Optimális szennyezés alku révén

Most nézzünk meg egy másik világot, ahol az alapvető jóléti konfliktust, amely a termelő tevékenység szennyező hatásai miatt alakult ki, éppen az „A” esettel ellentétes kezdeti jogviszonyok jellemzik!

„B” eset: Az önkormányzat késlekedik a hatósági beavatkozással. A vonatkozó közigazgatási jogszabályok is bizonytalanok, de elsősorban az következik belőlük, hogy a kávéház működése nem ütközik jogszabályba. Ebben a helyzetben a polgármester úgy gondolja, hogy ártana népszerűségének, ha korlátozná a kávéház működését. Ezért a zajszennyezés tartósan tűnik. Az önkormányzati passzivitást megelégedve az érintett lakók egy közös jogi képviselőt bíznak meg azzal, hogy próbáljon megállapodni a kávéházzal.

Ha a környezethasználattal kapcsolatos jogokat a termelő (kávéház) kapja meg, akkor a szennyező tevékenység akadálytalanul folyhat, ezért a termelés szintjét a termelés profitmaximuma fogja meghatározni, ami Q_{\max} -ban van (20 asztal) ahol $MP=0$. Ekkor a zajszennyezés hatására az origótól a Q_{\max} -ig tartó szakaszon a MEC alatti területnek megfelelő externális összköltség keletkezik (vagyis a Q_{\max} a 0 háromszög területe) a többi érintettnél (ablakok zajszigetelése, ventilátorok és légkondicionálók üzemeltetése).

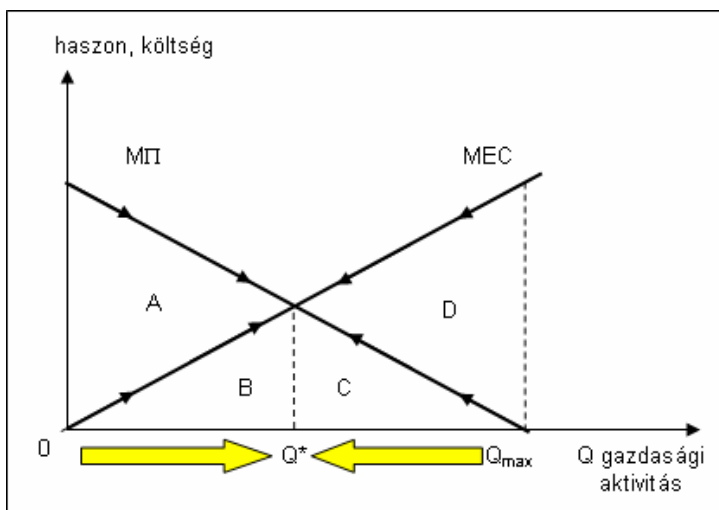
A zajtól szenvedő lakóközösség képviselője felkeresi a kávéház üzemeltetőjét, hogy alkut ajánljon fel. A lakóközösség hajlandó lenne egy kisebb összeget fizetni kompenzációként, ha a kávéház teraszán este 10 után működő asztalok számát csökkentenék.

Ebben a „B” esetben is minden esély megvan arra, hogy az alku elinduljon, és a jogok elosztása elszakadjon a kezdeti, társadalmilag nem hatékony elosztástól. Az első termelési egység csökkentés (egy asztal levétele) alig érezhető profitkiesést okoz, a károsultaknak nem kell túl mélyen a zsebükbe nyúlni. A következő egységnyi termelés csökkentésért (a második és a harmadik asztal levételéért) már kicsit többet, de még mindig nem túl sokat kell fizetni. Erre azért van lehetőség, mert a károsultak felmérték azt, hogy ha az alku nem jön létre, és nem csökken le a szennyező tevékenység, akkor ők jelentős költségeket lesznek kénytelenek elviselni, és ezért szívesen kötnek olyan megállapodást, amit annál olcsóbban úsznak meg.

Az alku addig folytatódik, amíg a kialakuló termelési szint ki nem egyenlíti a felek jóléti helyzetének változását ($MEC > MII$). Ahogyan a 6.1. ábra „A” esetében láttuk, az egyensúlyi pont ismét ugyanaz a Q^* lesz. Igaz, hogy a „B” esetben a kiinduló helyzet a Q_{max} termelési szint, ekkor az asztalok száma 20, a profit is és az externális összköltség is maximális. Ekkor a károsultak az a pontban vannak. A Q_{max} és Q^* között nem érdemes megállni a szennyező tevékenység csökkentésével. Ha például vesszük a Q_1 pontot (pl. 14 asztal), akkor látjuk, hogy a károsultak még olyan magas externális határköltséget viselnek el a b pontban, hogy annak elkerülése érdekében könnyen tehetnek olyan pénzbeli ajánlatot a szennyezőnek, amely nagyobb, mint a szennyező ekkora termelésnél keletkező határprofitja, azaz c , de kisebb, mint b . Ezért az egyensúlyi pont ebben az esetben is az a Q^* termelési szint lesz, ahol $MEC = MII$, vagyis a 9 asztal.

Vegyük észre azt is, hogy a példánkban szereplő szabad alku ugyanazt a meghatározást eredményezte a szennyezés társadalmi optimumára vonatkozóan, mint amit az előző fejezetben levezettünk.

A következő ábrán (6.2. ábra) összefoglaljuk, hogy a társadalmilag optimális szintű szennyezés eléréséhez minimum mekkora összeget kell az érintetteknek az alku érdekében mindenképp felajánlaniuk, és hogy maximum mekkora összeget éri meg feláldozniuk. Tudjuk, hogy az egyensúly, amelynek az eléréséig az alku folytatódik, Q^* lesz, függetlenül a jogok kezdeti kiosztásától.



6.2. ábra Önkéntes jóléti transzferek az optimális szennyezési szint alku útján történő elérése esetén

Az ábrán látható, hogy a két alapeset eltérő összegek átadását okozza. Ha az „A” esetből indulunk ki, vagyis a környezethez fűződő jogokat a termelőnek kell megszereznie azoktól, akik a termelés szennyező hatásai miatt károkat fognak szenvedni, akkor az alku érdekében fel kell ajánlani legalább a B területnek megfelelő összeget, hiszen ekkora lesz az egyensúlyban elszenvedett összes externális költség (az MEC alatti terület a $0-Q^*$ szakaszon). Azonban az alku ennél jóval többet ér a termelő számára, hiszen ha a termelést nulláról Q^* -ra növelheti, akkor összesen $A+B$ nagyságú profitja keletkezik (az MII alatti terület a $0-Q^*$ szakaszon). Ezért ez az a legnagyobb összeg, amit érdemes felajánlania.

Ha „B” esetből indulunk, vagyis a termelőnek joga van a környezetet szabadon szennyeznie, akkor az így keletkező szennyezés károsultjainak legalább ekkora összeget kell felajánlaniuk a termelő számára, mint a C terület, hiszen az alku eredményeként ennyivel csökkenne a termelésből származó haszna (az MII alatti terület a Q^*-Q_{\max} szakaszon). Ennél a szennyezés-csökkentő alku többet ér a károsultaknak, mégpedig összesen $C+D$ -t, hiszen ekkora externális költségtől menekülhetnek meg az alku révén. Ezért $C+D$ az a legnagyobb összeg amit érdemes felkínálniuk a termelőnek.

6.1. Coase tétele

Mikroökonómiából ismert, hogy a különböző javakra vonatkozó szabad alku révén a javak elosztása Pareto-hatékony lesz, azaz az érintettek egyikének sem lehet a jóléti helyzetén a javak elosztásával úgy javítani, hogy az ne rontaná a többi érintett jóléti helyzetét. Amennyiben a javak között környezetszennyezésből származó externáliák is vannak, akkor is igaz, hogy az alku révén létrejöhet a javak, köztük az externáliák társadalmilag hatékony elosztása.

Azt a megfigyelést, hogy bizonyos feltételek esetén az alku nemcsak hatékony szennyezési szintet, hanem a tulajdonjogok kezdeti kiosztásától függetlenül *ugyanazt* a szennyezési szintet eredményezi, Coase tételének nevezzük.

A Coase-tétel olyan modellt állít fel, amelyben a felek közötti alkunak nincs akadály, és a tulajdonjogok az alku előtt pontosan meghatározottak. Tehát pontosan lehet tudni, hogy a kiinduló helyzetben a tiszta környezet-

hez vagy a környezet szennyezéséhez van-e joga az érintetteknek. Ezek után az alku egy megállapodást eredményez, melynek során a jogok tulajdonosa hajlandó jogainak egy részéről lemondani, és hozzájárulni, hogy a másik érintett használja azokat saját jóléti helyzetének javítására.

Mivel ez az alku egyfajta szerződés a két fél között, ezért az ilyen alkunak feltétele, hogy a jogok az alku előtt és az alku után is kikényszeríthetők legyenek. Kikényszeríthetőségen azt értjük, hogy létezik olyan jogrend és igazságszolgáltatási, végrehajtási intézmények, amelyek biztosítják, hogy a jogokat nem lehet megtámadni, és a megállapodások megszegése esetén jogkövetkezményeket lehet érvényesíteni, így a jogvitákat rendezni lehet.

Coase tételének igen nagy az elméleti jelentősége. Először is igazolja, hogy:

A szennyezéssel járó gazdasági aktivitás esetén is megvan annak a lehetősége, hogy az érintett szereplők szabad megállapodás útján elkerüljék a nem hatékony kimeneteket.

Az érintettek elsősorban saját érdekeiket próbálják érvényesíteni, és sokkal jobban ismerik saját jóléti helyzetük alakulását különböző szennyezési szinteken, mint bárki más. Egy ilyen modellben nincs szükség arra, hogy az állam „tegyen igazságot” köztük, és nem is biztos, hogy az állami beavatkozás hasonlóan hatékony eredményt hozna.

Másodszor pedig a Coase-tétel bemutatja, hogy a modell feltételei mellett a jogok alku utáni megosztása nem függ attól, hogy mi volt a jogok megosztása az alku előtt.

A tulajdonjogok kezdeti kiosztása nem befolyásolja a kimenet hatékonyságát.

A Coase-tétel elsősorban elméleti eredmény, nem szabad gyakorlati szabályozási receptként értelmezni. De a tételben megfogalmazott felismerésből számos tanulság adódik a gyakorlati környezetpolitika számára is.

Jó példa erre a vízhasználati jogok rendszere, amely nálunk szinte teljes egészében hiányzik, de már száz évnél is régebben, kifinomultan működik olyan országokban, melyek édesvízi erőforrásokban szűkölködnek, és a

központi állami kormányzat szerepe hagyományosan korlátozott. Ilyenek például az USA félsivatagos tagállamai vagy Ausztrália. A vízhasználati jogok gyakorlatilag szabadon átruházhatóak, azaz a vízhasználati szándékkal fellépő, ugyanazon vízmennyiségért versengő szereplők szabad alkuja révén alakul ki, hogy, hogy egy adott kinyerhető vízhozamból mennyit fordítanak öntözésre, ivóvíz termelésre és ipari célokra.

Az általánosítható környezetpolitikai tanulságok a következők:

- Először is, az államnak érdemes tulajdonjogokat definiálnia és azokat szétosztani minden olyan esetben, amikor egy természeti erőforrás jellege ezt lehetővé teszi.
- A kormánynak ki kell építenie és működtetnie kell a környezetvédelmi megfigyelő rendszereket, és folyamatosan elemezni és közölni a szennyezési adatokat, azonosítani és nyilvánosságra hozni a szennyezők és szennyezettek körét.
- Az államnak biztosítania kell, hogy olcsó és gyors igazságszolgáltatási és végrehajtási rendszer segítse azokat, akik alkuk és megállapodások révén próbálják helyzetüket javítani.

A Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet, az OECD, már 1974-ben kiadott egy ajánlást a szervezet tagállamainak kormányai számára, amelyben megfogalmazza, hogy a környezetszennyezési esetekben olyan szabályozást kell kialakítani, amelyben a szennyezéssel összefüggő költségek, a szennyezés megelőzésének, csökkentésének költségei a szennyezőt terhelik. Más szóval, a környezetvédelmi költségek jelenjenek meg azoknak a termékeknek és szolgáltatásoknak az áraiban, amelyek előállításuk környezetszennyezéssel jár. Ez az azóta híressé vált „szennyező-fizet”-elv. Az elv elméleti szinten kapcsolódik a Coase-tételhez, mely szerint bizonyos korlátozó feltevések mellett a szennyezés társadalmilag optimális szintje nem függ attól, hogy a szennyező fizet a szennyezés károsultjának, vagy a károsult fizet a szennyezőnek az optimális szint elérése érdekében, vagyis a jogok kezdeti meghatározása nem közgazdasági, hanem etikai kérdés. Ezért nemcsak helyes és szükséges annak rögzítése, hogy melyikük a jogok kezdeti birtokosa, de közgazdaságtani szempontból egyik megoldás sem rosszabb a másiknál. A szennyező-fizet elv tehát etikailag és elméletileg is megalapozott, és mind a mai napig alapvető környezetpolitikai alapelveként működik világszerte.

6.2. A Coase-tétel korlátai

A Coase-tétel egy meghatározó elméleti modell, de érvényességének nemcsak gyakorlati, hanem elméleti korlátai is vannak.

A természeti környezet-hez fűződő jogok pontos meghatározása és kikényszeríthetősége	Ha nem lehetséges a tulajdonjogok meghatározása, mint például közjavak esetén, vagy nem biztosítható a kikényszeríthetőség, akkor nincs esély az alku útján történő megállapodásra
Az érintettek kis száma és azonosíthatósága	Ha bizonytalan az érintettek köre vagy túlzottan sok az érintett, akkor az alkunak két akadálya lesz: (i) túl nagy lesz az alku költsége, és (ii) az érintettek racionális viselkedése a potyázás lesz.
Nincs jövedelmi hatás	Ha az alkuval kapcsolatos preferenciák nem függetlenek az érintettek vagyon helyzetétől, akkor a jogok kezdeti kiosztása befolyásolja az alku hatékonyságát.
Zéró tranzakciós költségek	Ha az alku költségei jelentősek, akkor egészen biztosan más kimenetet kapunk, mint zéró tranzakciós költségek esetén.
Fenyegetettség hiánya	Ha az érintettek egyike hatalmi vagy egyéb módon fenyegető pozícióban van, az alkunak nincs esélye.

6.1. Táblázat A Coase-tétel elméleti korlátai

Ronald Coase nagyhatású elmélete (The Problem of Social Cost, 1960) valójában a szennyezéssel kapcsolatos problémáknak csak egy speciális esetére alkalmazható. Látnunk kell, hogy (i) a tulajdonjogok kezdeti pontos meghatározása a szereplőket egyértelműen alkura ösztönzi, és (ii) az alku eredményeként létrejön az externáliák hatékony elosztása az érintettek között. Azonban a szennyezés szintje nem minden esetben független attól, hogy kinek van az alku kezdetén tulajdonosi joga. Ez alól egyetlen kivétel van: ha az érintettek kereslete a szennyezés illetve a szennyezéscsökkenés iránt független a jövedelemelosztástól, azaz nincs jövedelmi

hatás. Bizonyos értelmezések szerint a tétel legpontosabb értelmezése, hogy az externáliák elosztásával kapcsolatos alku Pareto-hatékony eredményre vezet, de az eredmény kezdeti tulajdonjogoktól való függetlensége csak a preferenciák jövedelemfüggetlenségének feltevése mellett vezethető le az elméletből. (Erről bővebben lásd: Varian, 1995, 648-649. o.) A tétel egyes értelmezései szerint a tranzakciós költségekre vonatkozó megkötés viszont nem feltétele a Coase-féle alkunak, mert pozitív tranzakciós költségek mellett is értelmezhető a Pareto-hatékonyság. Az értelmezés körüli elméleti viták ellenére a Coase-tétel nagy hatást gyakorolt a jogi és a közgazdaságtani elméletek fejlődésére, amit az akadémiai világ közgazdasági Nobel-díjjal ismert el. A tétel közvetlen gyakorlati alkalmazásának korlátai nem vonnak le annak elméleti jelentőségéből.

7. Az optimális szennyezés elérése állami beavatkozás révén – norma

Az előző fejezetben tárgyaltuk azt az elméleti felismerést, amely szerint bizonyos feltételek mellett a szennyezés szintje az érintettek szabad megálapodása alapján is az optimális szintre állhat be. Ekkor nincs szükség arra, hogy az állam közvetlen szerepet kapjon a társadalmi optimum biztosításában. Azonban, ha egy ilyen alku a feltételek elégtelensége miatt nem valósul meg, akkor a társadalom jóléti veszteséget szenved el, amely lehet indokolatlanul magas externális költség vagy indokolatlanul alacsony termelői profit.

Ha ennek a helyzetnek a javítására nem jöhet létre Coase-féle alku, akkor közgazdasági megfontolásokból is szükség van az állam beavatkozására, hogy a gazdasági aktivitástól függő tiszta társadalmi hasznot maximalizáljuk. Ez és a következő fejezet arról szól, milyen módon történhet az állami beavatkozás.

A legkézenfekvőbb beavatkozási forma, ha az állam a szennyezés kibocsátás társadalmilag optimális szintjét állapítja meg, azaz érvényesít egy szennyezés kibocsátási normát (emissziós norma).

A magyar közigazgatási szaknyelvben ezt a szabályozó eszközt kibocsátási határértéknek nevezik, ami egy közgazdász számára zavaró lehet, hiszen itt nem marginális mennyiségekről, hanem a szennyezőanyagból kibocsátható maximumról, az engedélyezett legnagyobb szennyezésről van szó. A határértékig növelhető a kibocsátás, azon túl nem. Az angol környezetgazdaságtani szaknyelvben a megnevezése emission standard.

Nagyon gyakori szabályozási beavatkozás az állam részéről, hogy szennyezési normát állapít meg. Ebben a fejezetben csak a szennyezés kibocsátási normákról lesz szó, és a 10. fejezetben tárgyaljuk azt, hogy milyen normák állíthatók a környezeti *szennyezettség* szabályozására.

A szennyezés kibocsátási normát emissziós vagy szennyezési normának is nevezhetjük. Az ilyen norma általában valamilyen időegységre vetített mennyiség, például tonna/év. Gyakori az is, hogy a szennyezőanyagra vonatkozó normát annak a kibocsátott anyagáramnak az egységére állapítják meg, amely keverék részeként az adott szennyező a környezetbe jut,

vagyis a szennyezési norma a kibocsátott füstgáz vagy szennyvíz egységére vonatkozik, például milligramm/köbméter.

A szennyvíz környezeti veszélyét többek között annak szerves anyag tartalma okozza. A szerves anyagok felszíni vizekbe történő kibocsátása az élővizek öntisztuló képességét veszi igénybe. A különböző szerves anyagok a felszíni élővizekbe jutva nem okoznak közvetlenül mérgezést, sőt, nagyrészt éppen hogy tápanyagként szolgálnak a lebontó életközösségeknek, elsősorban a baktériumoknak és algáknak, amelyek a természetes vizek élővilágának részeként minden felszíni vízben megtalálhatóak. A kibocsátott szerves anyag lebontását végző, gyorsan elszaporodó élőlények saját életfolyamatai nagyon sok vízben oldott oxigént igényelnek. Ezért a szennyvizek szerves anyag terheltségét nem a nitrogén vagy foszfor tartalmukkal szokták jellemezni, hanem azzal, hogy mennyi oxigént igényelnek a szennyvíz szerves szennyezőanyagainak biológiai lebontását elvégző élőlények. **Egy adott szennyvíz mintában levő szerves anyagok biológiai lebontásához szükséges oxigén mennyisége a biológiai oxigén igény (BOI).** A BOI laboratóriumi körülmények között jól mérhető, és pontosan kifejezi a szennyvíz környezeti veszélyességét. Egy átlagos kommunális szennyvíz minta 5 napon át történő biológiai tisztulásához szükséges vízben oldott oxigén mennyiség kb. 225 mg/l, azaz $BOI_5 = 225$ mg/l (Moser – Pálmai, 1992). Összehasonlításképp, hazai nagy folyóink vize átlagosan 9 mg/l, a Balatoné átlagosan 8 mg/l oldott oxigént tartalmaz (Moser – Pálmai, 1992). Vagyis adott BOI-val rendelkező szennyvíz veszélyesebb, ha állóvízbe bocsátják ki, mint ha folyóvízbe. Ezért a szennyvíz kibocsátás normatív szabályozása során a hatóságok nem a kibocsátható nitrogén vagy foszfor mennyiségére állapítanak meg normát, hanem arra, hogy a kibocsátott szennyvíz szerves anyag tartalmának az azt befogadó élővízben történő biológiai lebontása összesen maximum mekkora oxigén igénnyel járhat. Az így kapott vízminőségi norma tehát a befogadók szerint eltérő BOI-norma.

Mivel nem lehet minden vízszennyező anyagot biológiailag lebontani, ezért a vízminősítést és a hatósági szennyvíz normákat nemcsak BOI-ban szokták kifejezni, hanem KOI-ban is, amely a kémiai oxigénigényt jelenti. **A kémiai oxigénigény a vízben levő valamennyi szennyezőanyag teljes kémiai oxidációjához szükséges oxigén mennyiség,** tehát minden esetben nagyobb ugyanazon minta KOI értéke, mint BOI értéke. Az

átlagos kommunális szennyvíz KOI értéke például 450 mg/l (Moser – Pálmai, 1992). Ha egy vízminta KOI értéke magas és ugyanakkor BOI értéke alacsony, ez arra utal, hogy az adott vízminta szennyezett, de a biológiai lebontás nem lehetséges, mert toxikus anyag is jelen van.

Tipikusan norma megállapítására kerül sor akkor, ha a hatóságnak humán egészségügyi szempontokat kell érvényesítenie. Például a légzőszervi betegségek megelőzése érdekében a járművek kén-dioxid kibocsátása nem haladhatja meg az előírt normát, a mérgezések megakadályozása miatt a tüzelőberendezések szénmonoxid kibocsátása nem lehet magasabb az normával engedélyezett mennyiségnél. Szintén normákat kell alkalmazni, ha valamely toxikus anyag a természeti környezetben okozhat súlyos ökológiai pusztulást. Ilyen anyagokat használnak sok ipari és mezőgazdasági technológiában (oldószerek, nehézfémek, növényvédő szerek, ciánvegyületek, stb.)

Magyarország felszíni vizeinek minőségét többfajta gazdasági tevékenység is befolyásolja. Ezek közül az egyik leggyakoribb a szerves anyagokkal történő szennyezés. Ez tipikusan kommunális szennyvizekből származhat, de sok ipari tevékenység is jelentős szerves-anyag eredetű vízszennyezéssel jár.



Például a papírgyártás igen nagy vízhasználó iparág és nagy vízszennyező. A papírgyári szennyvíz leginkább terhelő összetevője a lebegő és az oldott szerves anyag (keményítő, cellulóz

rostok, festékek, ragasztók, stb.). A felszíni vizekbe bocsátott szennyvizek szerves anyag tartalma bőséges tápanyagforrás a lebontó szervezetek számára, amelyek robbanásszerű szaporodásnak indulnak. Életfolyamataikhoz oxigénre van szükségük, amit a vízből vesznek fel, ezért a szennyvizet befogadó természetes víz oldott oxigéntartalma gyors csökkenésnek indul. Ez lesz az a hatás, amely az élővíz minőségét alapvetően lerontja. Az oldott oxigén fogyásával pusztulásnak indul a vízi ökoszisztéma, először az oxigénigényesebb fajok tűnnek el, és ha nincs elég oxigén, a lebontó kultúrák is elpusztulhatnak. A tartós tápanyagfeldúsulás, elsősorban a vizek tartós nitrogén és foszfor szennyezése mocsarasodást okoz. Ez az eutrofizációnak nevezett folyamat az állóvizekben természetesen is zajló



lassú folyamat. Az emberi tevékenységek által kibocsátott szennyvizek magas nitrogén és foszfor tartalma azonban drámaian felgyorsítja az eutrofizációt, és a folyóvizek öntisztuló képességét is hosszú szakaszokon teheti tönkre. (Az élővizek korlátozott öntisztuló képességéről lásd még a 12.2. fejezetet.)

7.1. Nincsen norma bírság nélkül

A normával történő szabályozás nemcsak a norma megállapításából és kihirdetéséből áll. A hatóság nem indulhat ki abból, hogy minden egyes szennyezőt biztosan jogkövető magatartás jellemez, mert az esetlegesen mégis elkövetett jogsértés (norma feletti szennyezés) előnybe hozza a szennyezőt és károsítja a társadalom többi részét. Ezért minden egyes szennyezési normához biztosítani kell a norma túllépésének jogkövetkezményét, azaz szankcióját. A szankció célja, hogy elrettentsen a szabálysértéstől, tehát hogy biztosítsa a norma betartását. A szankció eszköze leggyakrabban egy előre meghatározott mértékű pénzbírság hatósági kiszabása és behajtása.

A szennyezési norma olyan közvetlen jogi szabályozó eszköz, amely megállapítja egy adott szennyezőanyag legnagyobb kibocsátható mennyiségét és a mennyiség túllépése esetén fizetendő büntetést.

A felszíni vizek védelmének érdekében Magyarországon nagyon kiterjedt normatív szabályozást folytat a környezetvédelmi kormányzat. A legtöbb ipari tevékenységre egyedi technológiai határértékeket állapítottak meg a kibocsátható szennyvízben előforduló szennyezőanyagok megengedett legnagyobb mennyiségére vonatkozóan. A példánkban szereplő papírgyár által kibocsátott ipari szennyvíz legfeljebb annyi szerves anyagot tartalmazhat, hogy az 5 napos lebontásának biológia oxigénigénye ne haladja meg a 25 milligramm/litert. A papírgyártás szennyvíz kibocsátására vonatkozó szerves anyag norma tehát $BOI_5 = 25 \text{ mg/l}$.

Legnagyobb megengedett vízterhelés, mg/l, BOI ₅	
1. Balaton és vízgyűjtője közvetlen befogadói	15
2. Egyéb védett területek befogadói	30
3. Időszakos vízfolyás befogadó	25
4. Általános védeltségi kategória befogadói	50

7.1. táblázat. Legnagyobb megengedett vízterhelés
(Forrás: 28/2004 KvVM rendelet)

Azokra a tevékenységekre, amelyekre nincs külön megállapított technológiai norma, a hatóság az alapján határozza meg a szennyvíz normákat, hogy azon a területen, ahol a szennyvíz kibocsátás történik, mennyire érzékenyek a felszíni természetes vizek. Ezen az elvi alapon az országot négy körzetre osztották, és eltérő kibocsátási normát állapítottak meg a szennyvizek kibocsátható legnagyobb szerves anyag tartalmára vonatkozóan, amint azt az eltérő megengedett BOI maximumok mutatják. Látható, hogy a Balaton és vízgyűjtője érzékeny az eutrofizáló hatásokra. Az általános védeltségi kategóriába tartozó folyóvizek öntisztuló képessége nagyobb BOI terhelést tesz lehetővé.

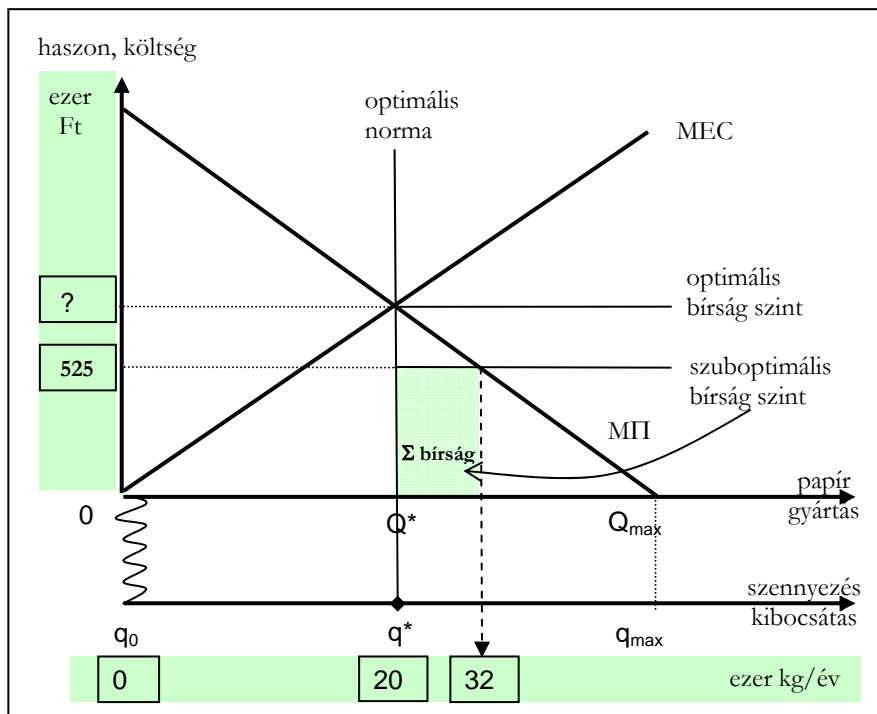
Milyen szankciót alkalmaz a hatóság? A BOI₅ norma túllépéséért bírságot kell fizetni. A bírság mértéke 525 Ft/kg (220/2004. Korm. rendelet a felszíni vizek minősége védelmének szabályairól). Ezt úgy kell értelmezni, hogy egy adott időszak alatt a norma túllépés mértékét meg kell szorozni az időszak alatt kibocsátott szennyvíz mennyiségével. Például tegyük fel, hogy a papírgyárunk a 25 mg/l-es BOI határértéket egy éven keresztül lépi túl, a mért BOI 40 mg/l, az egy év alatt kibocsátott szennyvíz mennyisége pedig 800 millió liter. A papírgyár által kibocsátott szennyezés tehát egy év alatt összesen 40 mg/l * 800 millió liter, azaz 32 ezer kg. BOI-norma szerint kibocsátható maximális szennyezés papírgyári szennyvíz mennyiség esetén 25 mg/l * 800 millió l = 20 ezer kg évente. A papírgyár által elkövetett norma túllépés tehát egy év alatt összesen 12 ezer kg. A fizetendő bírság összege ezért: 12 000 kg * 525 Ft/kg = 6 millió 300 ezer Ft.

Nézzük meg ezután, hogyan érhető el a szennyezés társadalmi optimuma, ha a hatóság normát állít, azaz ha az állami beavatkozás közvetlenül a

szennyezés mennyiségi dimenziójában történik. Ehhez tekintsük ismét a már tárgyalt jóléti konfliktust a szennyezéssel járó gazdasági aktivitástól függő jóléti hatások ábrázolása segítségével. A már ismert ábrán egy második vízszintes tengelyt is felvettünk a gazdasági aktivitás mellett, a szennyezés kibocsátás (más szóval emisszió) tengelyét. A két tengely között rugalmas kapcsolat van. Egy adott pillanatban mindig leolvasható, hogy egységnyi termelés mekkora szennyezés kibocsátással jár. De ez a kapcsolat változhat. A technikai fejlődés és nem kis részben a környezetvédelmi szabályozás miatt a legtöbb gazdasági folyamatra igaz, hogy kisebb-nagyobb mértékben, de idővel csökken a termékegységre jutó fajlagos szennyezőanyag kibocsátás, vagyis ilyen esetben az emissziós tengely jobbra tolódik. Továbbra is áll feltevésünk, hogy egységnyi termeléshez egységnyi szennyezőanyag kibocsátás tartozik, vagyis a kettő közötti kapcsolat lineáris. A továbbiakban q -val a szennyezés mennyiségét, Q -val a termelési mennyiséget jelöljük.

A hatóság tehát megkeresi a szennyezés társadalmi optimumát, q^* -ot, és ebben a pontban állapítja meg a normát. A példánkban szereplő papírgyár vízszennyezésének esetében adott szennyvíz mennyiség mellett ez évente 20 ezer kg szerves anyag mennyiség (BOI_5 -ben kifejezve). A normát a 7.1. ábra szennyezés kibocsátási dimenziójában a q^* -ba állított függőleges egyenes jelzi (optimális norma).

A hatóság a norma működéséhez szükséges szankciót is megállapítja, azaz meghatározza a norma túllépése esetén fizetendő bírságot. Ez a példában idézett jogszabály szerint 525 Ft/kg, tehát a norma feletti szennyezés minden ezer kg-jára 525 ezer Ft-ot kell fizetni. A 7.1. ábra a bírságot az 525 ezer Ft-os szinten a költség dimenzióban meghatározott vízszintes egyenesként jelzi (szuboptimális, azaz az optimálisnál alacsonyabb bírság).



7.1. ábra A norma hatástalansága -1.

Miért neveztük ezt a bírság szintet szuboptimálisnak? Honnan tudjuk, hogy a hatóság által megállapított bírság szintje az optimálisnál alacsonyabb? Ezt onnan tudhatjuk, hogy a papírgyár a normát nem tartja be, hanem annál évi 12 ezer kg-mal több szennyezést bocsát ki, és kifizeti a bírságot. Miért dönt így a vállalat? Vizsgáljuk meg döntési helyzetét az ábra segítségével!

A 20 ezer kg-os norma betartása azt jelentené számára, hogy jelenlegi q_{\max} szennyezését 20 egységnyire kellene csökkentenie. Jelenlegi technológiájával 20 ezer kg-os szennyezést csak Q^* nagyságú papírtelermelési szinten tud biztosítani. Q^* termelési szinten azonban a vállalat határprofitja magasabb, mint a hatóság által megállapított 525 egységnyi bírság. Ha tehát a termelését Q_{\max} -ból Q^* -ig csökkenti, akkor a termelés-visszafogás miatt elvesztett profit magasabb, mint amennyi bírságot kellene fizetnie. Ezért Q^* -ig nem éri meg csökkentenie a termelést, mert Q^* -ban már jobban jár, ha inkább termel, de kifizeti a bírságot. Milyen termelési szintig van ez így?

Amíg a helyzet meg nem fordul, azaz, amíg drágább nem lesz a bírság kifizetése az egységnyi szennyezés után, mint amennyi határprofitot a szennyezés eredményez. Ebben az esetben nem a norma, hanem a bírság hat a szennyező vállalatra, mert a vállalat akkor választja a szennyezés csökkentést, amikor a bírság megfizetésével már nem jut annál nagyobb hasznot hozó termelési lehetőséghez. Összességében tehát a 20 ezer kg-os norma és az 525 ezer forintos bírság mellett 20 helyett 32 ezer kg szennyezés kibocsátása lesz számára optimális.

7.2. A normák hatástalansága

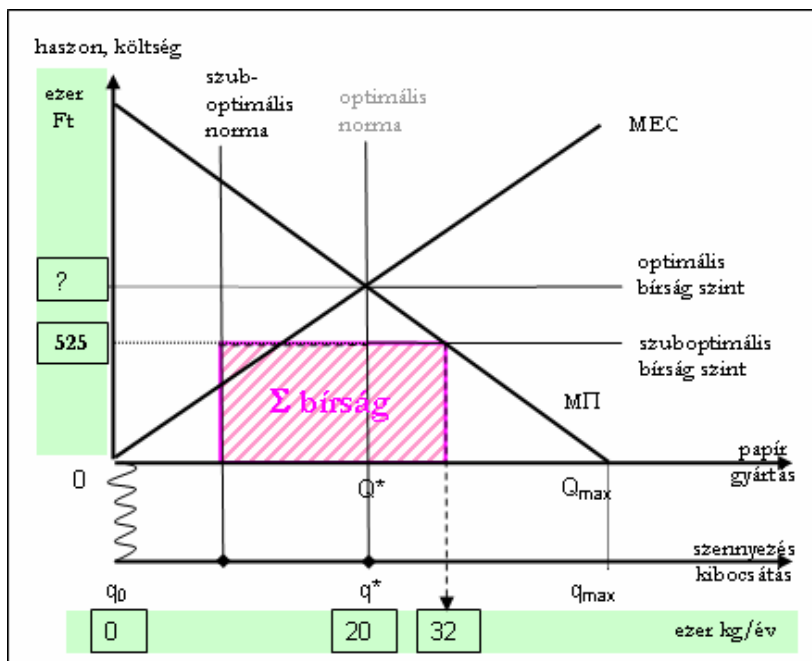
Normával történő szabályozás esetén nem a norma szintje, hanem a norma túllépése esetén fizetendő bírság szintje határozza meg a szabályozás bevezetése után kibocsátott szennyezés szintjét. Ez a törvényszerűség a normák hatástalansága.

Az eredeti optimális norma esetében tehát a vállalat a szabályozás bevezetése után saját szennyezési szintjét nem a norma szerint fogja megválasztani, hanem aszerint, amely szennyezési szintnél a határprofitja egyenlő lesz a norma túllépésekor fizetendő bírsággal. A példában szereplő vállalat úgy döntött, hogy számára nem 20, hanem 32 egységnyi szennyezést éri meg kibocsátani, tehát biztosak lehetünk benne, hogy a bírság szintje túlzottan alacsony. A bírság azon a szinten lett volna optimális, amit az ábrán kérdőjellel jelöltünk, mert számszerű értékét ugyan nem ismerjük a példából, de az ábra alapján éppen egyenlő a szennyezés társadalmi optimumának költség dimenzióban értelmezett értékével.

A szennyező számára optimális szennyezési szinten a bírság egyenlő a határprofittal. Ezért a szennyező által választott szennyezési szint csak akkor lehet társadalmilag optimális, ha a norma túllépéséért fizetendő bírság egyenlő a szennyezésből származó externális határköltség társadalmi optimumban vett értékével.

A norma hatástalanságát nagyon jól megérthetjük, ha elképzeljük, hogy a hatóságnak nem tetszik ez a helyzet, hogy a papírgyár 20 helyett 32 egységnyi szennyezést bocsát ki, és inkább befizeti a bírságot. Tegyük fel, hogy a hatóságnál ebből arra a téves következtetésre jutnak, hogy nem elég szigorú a norma, lefelé kell módosítani. Ezért megállapítanak egy jóval 20 egység

alatti normát, vagyis a társadalmi optimum alatti, szuboptimális szinten. A bírság szintjét azonban változatlanul az 525 Ft-os szinten hagyják.



7.2. ábra A norma hatástalansága -2.

Mi lesz a szabályozás változtatásának hatása? Változik-e a szennyezőanyag kibocsátás? A szennyezőanyag kibocsátás nem változik, hiszen a vállalat továbbra is ugyanúgy a bírságfizetést és az elvesztett profitot veti össze. Tehát **önmagában a norma szigorítása semmilyen hatást nem gyakorolt az emisszióra**. Mindössze egyetlen dolog változott a szabályozás módosításának hatására: a bírság előző összegéhez képest növekedni fog a befizetett bírság, hiszen a változatlan szennyezés-kibocsátásnak nagyobb része esik a megszigorított norma fölé és lesz emiatt megbírságolva.

A normával történő szabályozás tehát csak akkor lehet társadalmilag optimális, ha nemcsak a norma, de a norma túllépése esetén fizetendő bírság is a társadalmi optimumban van megállapítva. Ehhez a hatóságnak ismerenie kell a szennyezéstől függő hasznok és károk alakulását.

Vegyük észre, hogy a norma alatti szennyezés egyfajta ingyenes környezethasználati jogként jelenik meg. Érdekes elméleti kérdés, hogy a norma

feletti szennyezés ezek alapján *nem-ingyenes környezethasználati jog*, vagy pedig *jogtalan környezethasználat*. A mai magyar szabályozási gyakorlat egyértelműen azt mutatja, hogy az alkalmazott bírságok nem akadályozzák meg a szennyezők egy részét abban, hogy a norma fölött szennyezzenek, sőt a hatóságok évről évre kivetik ugyanazokra a norma túllépésekre ugyanazokat a bírságokat, amivel gyakorlati értelmezését adják a jogelméleti kérdésnek: szabad a norma felett is szennyezni, de fizetni kell érte.

A már idézett, a felszíni vizek minősége védelmének szabályairól szóló kormányrendelet (220/2004) harmadik cikkelye a következőképpen határozza meg a vízszennyezés fogalmát:

„**vízszennyezés:** vízszennyező anyagnak az engedélyezett kibocsátási határértékét meghaladó mértékű, közvetlen vagy közvetett befogadóba vezetése;”
Vagyis a norma alatti szennyezőanyag kibocsátás jogilag ma nem minősül szennyezésnek, ami természetesen sem ökológiai, sem közgazdasági értelemben nem igaz.

KvVM vízvédelmi kiadások, 2006, millió Ft	
víz és környezeti kárelhárítás	1000
Balaton intézk. terv, nagy tavaink védelme	130
Balaton vízközműhálózat fejlesztés	200
ivóvíz minőség javító programok	380
távlati ivóvíz bázisok fenntartása	50

7.2. táblázat. KvVM vízvédelmi kiadások (Forrás: CLIII/2005. tv.)

Tehát a norma alatt ingyen lehet szennyezni, a norma feletti szennyezés esetében pedig nem a bírságok korlátozó hatása, hanem a bírságok megfizetése a jellemző. A szabályozás furcsa működését mutatja, hogy a kormány évről évre **betervezi** a központi költségvetés bevételi oldalán a szankció jellegű bevételek közé a környezetvédelmi bírságokból befolyó összegeket. Például a 2006. évi költségvetési törvényben **több mint 1 milliárd forint bevételt terveztek be a környezetvédelmi bírságokból** a Környezetvédelmi Minisztérium fejezetébe. Ennek az összegnek majdnem felét, **500 millió forintot szennyvíz bírságokból** szeretné (?) beszedni a környezetvédelmi tárca. Összehasonlításképp néhány adat a tárca vízminőség védelemmel kapcsolatosan tervezett kiadásaira vonatkozóan (forrás: 2005. évi CLIII. törvény a Magyar Köztársaság 2006. évi költségvetéséről).

8. Az optimális szennyezés elérése állami beavatkozás révén – adó

Az előző fejezetben láttuk, hogy a szennyezés társadalmi optimuma nemcsak a szennyezés (illetve a gazdasági aktivitás) dimenziójában értelmezhető, hanem a költségek és hasznok dimenziójában is. Tehát a negatív externáliával járó jóléti konfliktusok társadalmi összjóletet maximalizáló megoldása nemcsak az optimális szennyezési szintet, hanem a szennyezéstől függő károk és hasznok optimális szintjét is meghatározza.

Ezért, ha a szennyezéssel kapcsolatos jóléti konfliktus nem oldható meg az érintettek szabad alkujá útján, és szükség van az állam beavatkozására a társadalmi összjólet maximalizálása érdekében, akkor sem kizárólag a legnagyobb megengedett szennyezési szint normával történő megállapítása lehet az állam egyetlen eszköze. A költségek és hasznok oldaláról is történhet a beavatkozás adó kivetésével. Ebben a fejezetben a környezet-szennyezésre kivetett adó közgazdasági alapjait és hatásait tárgyaljuk.

A környezetszennyezéssel járó tevékenység megadóztatásával az állam azt kívánja biztosítani, hogy a szennyezéstől függő egyéni profit maximuma társadalmilag optimális szennyezési szint mellett valósuljon meg, vagyis az ennél magasabb szennyezési szinteken a szennyező profitváltozása már negatív legyen.

8.1. A Pigou-adó

Nézzük meg a már ismert ábránkon, hogyan történik, és milyen hatással jár az adóztatás a külső gazdasági hatásokból eredő jóléti konfliktusok esetén (lásd: 8.1. ábra). Ehhez ismét felvesszük a gazdasági aktivitással arányosan változó szennyezés dimenzióját is, és ábrázoljuk az ezekről függő egyéni profitváltozás (határprofit) és külső gazdasági költségváltozás (externális határköltség) függvényeket. Az ábrán felvett adó t^* szintjét az államnak abból a feladatából vezetjük le, hogy a beavatkozással azt kell elérnie, hogy a szennyező egyéni összprofitja csak a szennyezés optimumáig növekedjen, további szennyezés kibocsátás esetén már csökkenjen. Ezt úgy érheti el az állam, hogy akkora adórátát állapít meg, hogy az annak befizetése után a szennyezőnél kialakuló egyéni határprofit éppen a társa-

dalmilag optimális szennyezési szinten legyen zéró. Ez alapján tehát a társadalmi optimumban igaz, hogy

$$MPI(Q^*) - t^* = 0 \quad (8.1.)$$

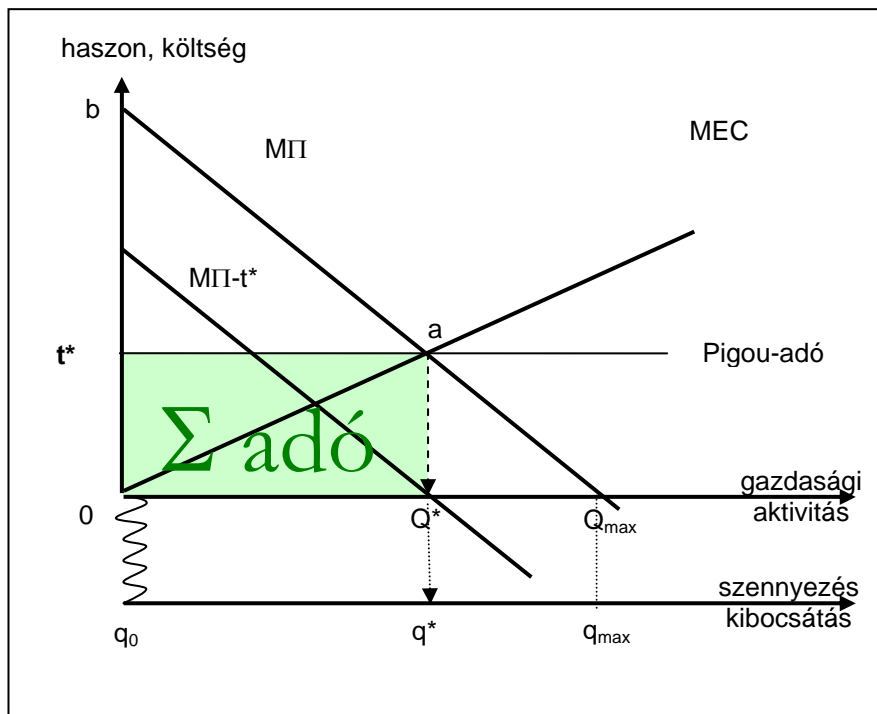
vagyis $t^* = MPI(Q^*)$. Mivel a társadalmilag optimális szennyezési szinten $MPI = MEC$, (lásd az 5.8. egyenletet) ezért az optimális adórátát úgy definiáljuk, hogy az a társadalmilag optimális szintű szennyezéshez tartozó externális határköltséggel egyenlő (az (5.8.) és (8.1.) egyenletek alapján). Vagyis:

$$t^* = MEC(Q^*) \quad (8.2.)$$

A szennyezéssel kapcsolatos jóléti konfliktusnak a fentiek szerint megállapított adóval történő megoldását először Arthur Pigou, angol közgazdász dolgozta ki.

Azt az adórátát, amely egyenlő a társadalmilag optimális szennyezéshez tartozó externális határköltséggel, Pigou-féle adónak vagy Pigou-adónak nevezzük. A Pigou-adó bevezetésével a szennyező határkölsége a szennyezés társadalmi határkölségével, azaz a szennyezés egyéni és externális határkölségének összegével lesz egyenlő.

A következő, 8.1. ábra költség dimenziójában felvett t^* adó teljesíti a Pigou-adó célját. A szennyező az adófizetési kötelezettség miatt felülvizsgálja termelési szintjét, hiszen az eredetileg profitmaximumot biztosító szinten (Q_{\max}) és az ahhoz közeli termelési szinteken a termékegységgel kereshető profit kisebb, mint a fizetendő adó. Ezért a szennyező vállalat addig csökkenti termelő tevékenységét, ameddig ez a helyzet áll fenn. Ezt a szintet éppen Q^* -ban fogja megtalálni. A Q^* -nál kisebb termelési szintekhez már nagyobb határprofit tartozik, mint az adó szintje. (Ennek a modellnek a tárgyalásakor most egyelőre tegyük fel, hogy semmi más módja nincs a szennyezés csökkentésének, mint a termelés visszafogása. Ezt a korlátozó feltételt a következő fejezetben fogjuk feloldani.)



8.1. ábra A társadalmilag optimális szennyezési szint biztosítása Pigou-adóval

Hogyan alakul a Pigou-adó kivetése utáni jóléti mérleg? A szennyező gazdasági aktivitás szintje Q_{\max} -ról Q^* -ra csökken, így a szennyezés kibocsátás is lecsökken q_{\max} -ról q^* -ra. A keletkező összes externális költség tehát a Q^*a0 háromszög területe. Hogyan változott a termelő helyzete? Elveszítette a társadalmilag nem indokolt $Q_{\max}aQ^*$ területnek megfelelő profitot, profitja a Q^*ab0 trapéz területe. Ebből befizette a Q^*at^*0 nagyságú adó összegét. Az adózás utáni profitja az abt^* háromszög területe.

Mennyi a szabályozás bevezetése után a társadalmi összjólét? A tiszta társadalmi haszon a 0 és Q^* közötti szakaszon keletkező jóléti változások eredménye, az összes externális költség mínusz az összes egyéni profit, vagyis a Q^*ab0 trapéz mínusz a Q^*a0 háromszög. Az $ab0$ háromszög területével tehát a tiszta társadalmi jólét a lehető legnagyobb.

A pigou adó társadalmi hatékonyságának nem feltétele, hogy a környezetvédelmi adóbevételeket azoknak juttassa a szabályozás, akik a megadóztatott szennyező tevékenység externális költségeit viselik.

A környezetvédelmi adóztatás akkor is lehet társadalmilag hatékony, ha a bevételeket például honvédelmi kiadásokra fordítják. Ugyanis a Pigou-adó bevételeinek visszajuttatása a károsultakhoz nem szükséges ahhoz, hogy a szennyezéssel kapcsolatos jóléti konfliktust az adó társadalmilag optimális módon befolyásolja. Az optimális adó hatására a szennyező tevékenység optimális szintre áll be, és ezzel a Pigou-adó teljesítette a feladatát. Az ezzel kapcsolatos társadalmi hasznok és költségek mérlege, a tiszta társadalmi haszon mértéke a lehető legnagyobb lesz (lásd 8.1. ábra $ab0$ háromszög). Ebben a helyzetben, csakúgy, mint egy optimálisan megállapított norma esetén, a károsultaknak viselniük kell a társadalmilag indokolt mennyiségű externális költséget (Q^*a0 háromszög), a szennyezőnek pedig az elmaradt profit veszteségét ($Q_{max}aQ^*$ háromszög). A károsultaknak az adóbevételből történő kompenzálásához hasonlóan szükségtelen felvetés lenne a megadóztatott szennyező vállalat kompenzálása az adóbevételekből.

Vegyük észre, hogy **a társadalmi összjólét szempontjából a Pigou-adó összege közömbös**. A szennyezőtől beszedett adót az állami újraelosztó rendszerek visszajuttatják a társadalomnak, vagyis társadalmi jóléti szempontból az adó összege nem költség.

Nagyon fontos itt megjegyezni, hogy természetesen minden állami adóztatásnak, így a Pigou-adónak is van társadalmi jóléti költsége. Az adó hatására ugyanis a szennyező vagy visszafogja a termelését, vagy megpróbálja az adózás költségét a termékeinek árában érvényesíteni. Az első esetben a kínálati görbe balra tolódik, a második esetben pedig felfelé. Ezért versenyző piacokon mindkét esetben igaz, ha változatlan keresleti görbét feltételezünk, hogy a termék ára emelkedik és a piacon értékesített egyenúlyi mennyiség csökken. Vagyis mindkét esetben keletkezik holtteher veszteség, amelyet a termék fogyasztói, termelői és az állam is elveszítenek. (Az adók holtteher veszteségéről bővebben lásd Kopányi, 2003, 531-532. o.)

Mégis nagyon vonzó gondolat, hogy a szennyezésre is lehetne állami adóbevételeket alapozni. Holtteher veszteséget minden adó okoz, jóléti szem-

pontból csak a különböző adók által okozott veszteségek különbsége számít. Viszont az adóbevételek többségét általában az állam olyan tevékenységek után szedi be, amelyek nemhogy negatív externális hatásokkal járnak, mint a szennyezés, hanem éppen ellenkezőleg, társadalmi szempontból az elsődleges jelentésük is pozitív és esetleges externális hatásai is pozitívak. Tipikusan ilyenek a foglalkoztatást terhelő adók, amelyek a munkavállalók alkalmazását megdrágítják, így csökkentik a foglalkoztatást. Ha ezeket az adóbevételeket ki lehetne váltani szennyezési adókkal, nőhetne a foglalkoztatás, amelynek egyéb pozitív társadalmi externális hatásai is vannak. Eközben a szennyezőnél a (a 9.1. fejezetben tárgyaltak alapján) a szennyezésre kivetett adó hatására nagyrészt nem a termelés vagy a foglalkoztatás csökken, hanem a szennyezés kibocsátás. Ezt a gondolatrendszert szokták ökológiai adóreformnak nevezni.

A 8.1. ábra alapján felvetődik a kérdés, hogy a Pigou-adót a gazdasági aktivitás (termelés) vagy a kibocsátott szennyezés egységére kell-e kivetni? Az állami beavatkozás célja a szennyezés optimális szintre csökkentése, ezért a termelés adóztatása a szennyezés helyett elméletileg helytelen. Ha a szabályozás bevezetése előtt egyértelműnek tűnő kapcsolat van is a termelés és a szennyezés szintje között, ez a kapcsolat nem fix, ahogyan a 8.1. ábra is jelzi, hanem rugalmas, éppen a szabályozás bevezetésének hatására dinamikusan változhat, és kiderülhet, hogy az adott termelési szintet kisebb szennyezési szint mellett is meg lehet valósítani. Ez lehet technikai vagy technológiai kérdés, de akár motivációs probléma is. Ezért elméletileg nem védhető, hogy a szennyezés helyett a termelés egységére vesse ki az adót az állam. Ennek ellenére a gyakorlatban léteznek termékekre kivetett környezetvédelmi adók (termékdíjak) és szennyezésre kivetett környezetvédelmi adók is (környezetterhelési díjak). Ezek közgazdasági megítélése eltérő.

A termékdíjak többségét olyan árukra vetik ki, amelyek életciklusuk valamelyik részén, de tipikusan fogyasztásuk után válnak környezetszennyezővé. Ezért gyakran alkalmaznak termékdíjakat a nagy mennyiségben keletkező speciális hulladékok esetében, például gumiabroncsok, akkumulátorok, csomagolóanyagok, stb. A termékdíj rendszert úgy szokták kialakítani, hogy azok a termelők vagy forgalmazók, akik az adott termékdíj fizetésére kötelezettek, a díj megfizetése alól részben vagy teljes egészében mentességet kaphassanak, ha egy meghatározott arányban visszagyűjtik az általuk gyártott vagy forgalmazott termék hulladékát. A termékdíj alapú

szabályozásnak ezért előnyös a megítélése hulladékgazdálkodási szempontból. Azonban diszkriminatív jellege miatt torzulásokat okozhat a gazdaságban, és nem biztosítja a piaci versenysemlegességet.

A környezetterhelési díjak valóban magát a szennyezőanyag kibocsátást adóztatják, így teljesül a Pigou-adó egyik működési feltétele, hogy a beszedett adó a szennyezéssel legyen arányos. A környezetterhelési díjakat a környezeti elemekbe, például levegőbe vagy vízbe kibocsátott szennyezőanyagok mennyiségére vetítve állapítják meg, vagyis a levegőbe bocsátott por, kén-dioxid vagy a vízbe bocsátott foszfor, nitrogén egységnyi tömegére. Szemben a termékdíjjal, a környezetterhelési díjat minden szennyező forrásra ki lehet terjeszteni, így nem okoz diszkriminációt, és nagyobb biztonsággal épül be a szennyező termelési költségei közé (a szabályozás internalizálta). Ezáltal kisebb az esélye, hogy a szabályozás „szivároghjon”, azaz az egyik termelőnél vagy piaci szegmensben elért szennyezés csökkenéssel párhuzamosan más termelőknél vagy más piaci szegmensben szennyezés növekedés induljon be.

A két adóváltozat összehasonlításához érdekes szempontot tesz hozzá Kerekes – Szlávik, 2001 azzal, hogy Magyarország helyzetéből kiindulva megállapítják: egy kis, nyitott gazdaságban a közvetlenül szennyezésre kivetett környezetterhelési díj a hazai termelők nemzetközi versenyképességét rontja, miközben a termékdíj valamennyi import termékre is érvényesíthető a hazai termékek mellett. Így minden elméleti előnye ellenére ebből a szempontból a környezetterhelési díjnak is van hátránya.

Az EU tagjaként azokban a termelő ágazatokban, amelyek elsősorban EU-s piacokon versenyeznek, azóta már jelentősen enyhültek ezek a veszélyek a magyar és a közösségi környezetpolitika közeledése révén. Az EU-n kívüli piacokon versenyző termelőink számára viszont a környezeti adók akár tartós költségtöbbletet is okozhatnak. De ez nem jelent feltétlenül biztos versenyhátrányt. Az erős környezetvédelmi szabályozás folyamatosan ösztönzi a szennyező vállalatokat a környezetbarát innovációkra, technikai fejlesztésekre, és ez az érintett vállalatok hosszútávú versenyképességét jelentős mértékben javíthatja. Ez a gondolat Porter-hipotézisként ismert a közgazdaságtanban (Porter, 1990).

A pigou-i elveken nyugvó környezetvédelmi adók elméleti ereje ellenére a kormányzatok mégsem alkalmazzák széles körben a környezetszennyezés-

re kivetett adókat a társadalmi jólét növelésére, a piacokon kialakuló externáliák mérséklésére. A normák sokkal szélesebb körben elterjedtek. Ennek okai összetettek. Mindenekelőtt biztos, hogy új adók kivetése nem egyszerű politikai feladat. Ezentúl fontos, hogy a Pigou-adó mértékének megállapításához a hatóságnak pontosan ismernie kell a szennyezési szintek változásától függő határprofitok és externális határkötségek alakulását, ami a szabályozás bevezetése előtt gyakorlatilag nem lehetséges. Azonban vegyük észre, hogy ugyanezek az információk kellenek az optimális norma szintjének meghatározásához is, tehát ebből a szempontból nincs előnyben a norma. Viszont a norma mint eszköz biztosítja, hogy a szennyezés kibocsátás a norma szintje alatt ingyenes, miközben ugyanezt az optimumot a Pigou-adó úgy éri el, hogy a teljes szennyezést, a kibocsátott szennyezőanyag minden egységét megadóztatja. Ez a legfőbb oka annak, hogy a kormányok nehezen tudják növelni a környezetvédelmi adók szerepét az adórendszerekben.

A magyar költségvetés kétfajta környezetvédelmi adócsoport bevételeire számíthat. Az egyik a környezetterhelési díjak, a másik pedig a termékdíjak köre. Környezetterhelési díjak vonatkoznak többféle szennyezőanyagnak a levegőbe, felszíni vizekbe és talajba történő kibocsátására. A magyar költségvetési törvény 2005-re és 2006-ra 9 – 9 milliárd forint bevételt tervezett a környezetterhelési díjakból. A 2004-ben megvalósult bevétel mintegy 6,5 milliárd forint volt, ezen belül a legnagyobb tétel a levegőterhelési díjak bevétele volt. A termékdíjak ennél nagyobb tételt képviselnek a költségvetésben. 2004-ben ebből az adófajtaból összesen közel 12 milliárd forint bevétel származott, a 2005-re és 2006-ra vonatkozó költségvetési törvények rendre 25,8 illetve 24,4 milliárd forint termékdíj bevételt terveztek. Sok ez vagy kevés? 2004-ben a vállalkozások összes költségvetési befizetésének 2,8%-át tették ki az ökoadó. A következő táblázatban nemcsak a magyar környezetvédelmi adóbevételek struktúráját mutatjuk be, hanem a központi költségvetésben betöltött súlyukat is.

m.e.: millió forint	2004 tény	2005 terv	2006 terv
Termékdíj bevételek			
gumiabroncs	607	2 000	500
csomagolóeszközök	663	5 500	9 500
hűtőberendezések	3 773	3 500	1 500
akkumulátorok	354	500	200
kenőolajok	5 691	7 500	6 500
reklámhordozó papírok	789	800	1 500
elektromos, elektronikai berend.		6 000	6 500
Termékdíj összesen	11 875	25 800	26 200
Termékdíj visszaigénylés			1 800
Termékdíj nettó bevétel	11 875	25 800	24 400
Környezetterhelési díj bevételek	6 482	9 000	9 000
Ökoadókat összesen:	18 357	34 800	33 400
Költségvetés kiadási főösszege	6 237 618	6 582 893	7 496 676
Az ökoadókat hozzájárulása a költségvetési kiadásokhoz, %	0,3%	0,5%	0,4%

8.1. táblázat A magyar ökoadó bevételek összetétele, aránya a költségvetésben

(Forrás: a 2004. költségvetési év zárszámadásáról szóló törvény és a 2005., 2006. évekre vonatkozó költségvetési törvények mellékletei)

Összességében tehát nagyon szerény szerepet kapnak az ökoadókat a magyar költségvetésben. Az ökoadókat súlya az EU több tagállamában eléri az 5-10%-ot (Pataki et al., 2003).

8.2. A szennyezés egyéni optimuma a szennyezés kibocsátásra kivetett adó esetén

Hogyan reagál egy szennyező vállalat, ha az általa kibocsátott szennyezés minden egyes egysége után adót kell fizetnie? Racionális vállalatot feltételezve, a vállalat a megváltozott helyzetben is igyekszik profitjának maximalizálására, illetve egy tökéletes piacon versenyző árelfogadó vállalat esetében a költségeinek a minimalizálására. A szennyező tehát úgy alkalmazkodik az adó bevezetéséhez, hogy összeveti a szennyezéssel kapcsolatos tevékenységéből származó hasznának változását és a szennyezéssel kapcsolatos adófizetési kötelezettségének változását. Azt a szennyezési szintet választja, amely maximalizálja az adó utáni nettó profitját.

Versenyző piacon termelő szennyező vállalat számára saját szennyezés kibocsátásának optimuma emissziós adó esetén az az emissziós szint, amely minimalizálja a szennyezés-csökkentés miatt keletkező elmaradt haszon és a szennyezés miatt befizetendő adó összegét.

A szennyező számára ezért a szennyezés kibocsátás egyéni optimuma ott lesz, ahol:

$$t = \text{MP} \quad (8.3.)$$

Az ebből származó termelési szint Q^* , a szennyezési szint pedig q^* . A vállalat a szennyezés kibocsátásának azt a részét, amely ennél a szintnél magasabb volt az adó bevezetése előtt, az adó bevezetésének hatására inkább nem bocsátja ki, mert az ebből származó profit elvesztése kevesebb, mint amennyi a szennyezés kibocsátása esetén fizetendő adó lenne. Szennyezés kibocsátásának azt a részét pedig, amely ennél a szintnél alacsonyabb volt az adó bevezetés előtt, az adó bevezetése után is kibocsátja, és befizeti az adót, mert a szennyezéstől függő profitja magasabb annál. A 8.2. ábra segítségével szemléltetjük, hogy az adó bevezetésének hatására hogyan alakul ki az egyéni szennyezési szint optimuma.

A szennyező vállalat döntési helyzetét egy Magyarországon működő cementgyár és emissziós adó példáján keresztül mutatjuk be. A cementgyártás többek között jelentős porkibocsátással jár. A levegőbe bocsátott nemtoxikus szilárd anyagok, például a por (vagy a korom és a pernye) elsősorban humán egészségügyi szempontból káros. A $0,25 \mu\text{m}$ -nél kisebb szemcseméretű portól az emberi tüdő megszabadul a kilégzéssel, a $10 \mu\text{m}$ -nél nagyobb szemcseméretű port pedig a felső légutak védelmi rendszerei kiszűrik (Moser – Pálmai, 1992). A legveszélyesebbek tehát a kettő közötti szemcseméretű lebegő szilárd részecskék. Tartós kitettség esetén ezek a légzőrendszer krónikus megbetegedését okozhatják, ráadásul a levegőben lebegő apró porszemcsékre más szennyezőanyagok is kicsapódnak, például szerves molekulák, köztük veszélyes, rákkeltő anyagok is. Így a levegőnek porral történő terhelését a magyar környezetvédelmi hatóságok egy külön erre kialakított adónak (levegőterhelési díjnak) a kivetésével kívánják korlátozni. A magyar környezetterhelési-díj rendszer egyik eleme a szilárd anyag levegőbe juttatása után fizetendő levegőterhelési díj, mértéke 30 Ft/kg. A cementüzemet már felszerelték nagy hatásfokú porleválasztók-

kal, de még így is jelentős mennyiségű port bocsát a levegőbe, amely után a díjat a vállalatnak meg kell fizetnie.

A cementgyár porkibocsátás függvényében felírt határprofit összefüggése:

$M\Pi = 210 - 3/4q$, ahol q a kibocsátott por mennyisége (ezer kg).

Egy tonna cement termelése **0,2 kg** porkibocsátással jár.

Mennyi volt a cementgyár termelése és porkibocsátása a levegőterhelési díj bevezetése előtt? Az eredeti szennyezési szint a profitmaximalizáló mennyiség volt, tehát ahol $M\Pi=0$. Vagyis:

$210 - 3/4q = 0$. Ebből $q_{\max} = 280$ ezer kg porkibocsátás adódik. Tehát a levegőterhelési díj bevezetése előtt a termelés szintje $Q_{\max} = 280$ ezer / $0,2 = 1400$ ezer tonna cement/év volt.

Ekkor a porkibocsátásra **levegőterhelési díjat** vezet be a hatóság, és a díjtételt **30 Ft/kg** szinten állapítja meg. Mennyi lesz a cementgyár egyéni szennyezési optimuma? Mennyi levegőterhelési díjat fizet be a cementgyár összesen? Mennyi lesz a termelés csökkenés miatt elmaradt profit? Mennyi lesz a cementtermelés?

A cementgyár egyéni szennyezési optimumát a $t=M\Pi$ összefüggésből kapjuk, vagyis

$$30 = 210 - 3/4q,$$

ebből $q^* = 240$ ezer kg a cementgyár által optimálisnak ítélt porkibocsátás szintje.

A fizetendő adó összege a megmaradt porkibocsátás és az adó szorzata, azaz

$\Sigma \text{adó} = t$ szorozva q^* -gal, azaz

$$30 \text{ ezer Ft/ezer kg} * 240 \text{ ezer kg} = 7 \text{ millió } 200 \text{ ezer forint.}$$

Az **elmaradt profit a határprofit görbe alatti terület a q_{\max} és q^* szennyezési szintek között**, azaz $1/2 * 30$ ezer Ft/ezer kg * 40 ezer kg = 600 ezer Ft.

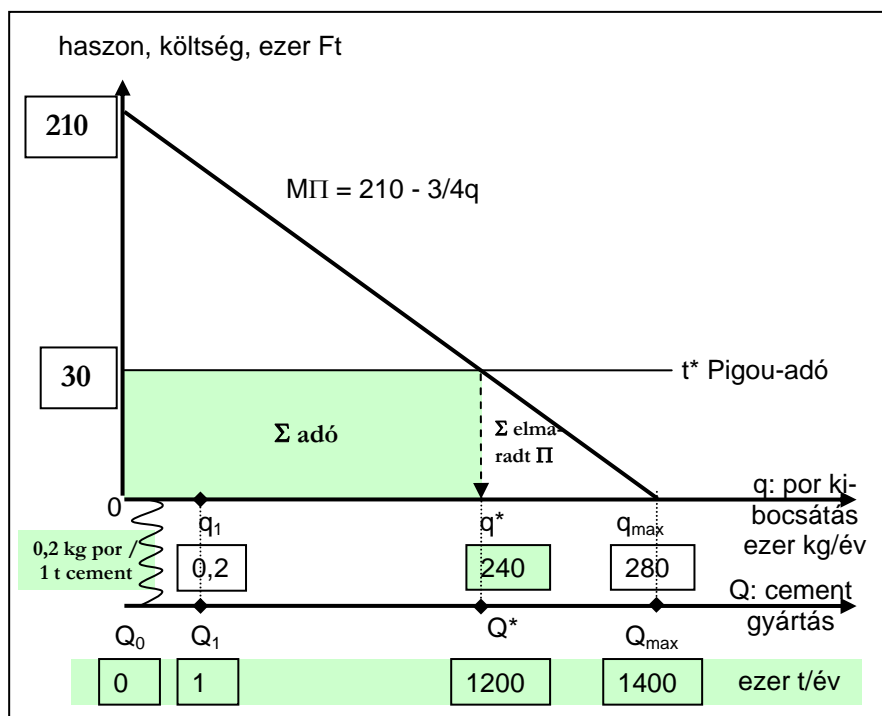
A cementgyár termelése a szabályozás bevezetése után $Q^* = 240$ ezer / $0,2 = 1200$ ezer tonna cement/év.

Mennyi a cementgyár összes környezetvédelmi költsége a porra vonatkozó levegőterhelési díj bevezetése után?

A gyár összes környezetvédelmi költsége két tételből áll: a befizetett környezetvédelmi adóból és a termelés csökkentés miatt elmaradt haszonból,

$$\text{azaz } 7 \text{ millió } 200 \text{ ezer Ft} + 600 \text{ ezer Ft} = 7 \text{ millió } 800 \text{ ezer Ft.}$$

Ezt a számpéldát a következő ábrán illusztráljuk.



8.2. ábra Az egyéni szennyezési optimum kialakulása a szennyezés kibocsátásra kivetett adó esetén

Pigou rámutatott, hogy ha az árak nem tartalmaznak fontos környezetvédelmi információkat, akkor a piaci erők nem képesek a társadalmi jólétet szolgálni, sőt, azzal ellentétes hatásokat okoznak: a környezetileg káros dolgokból túl sok, a környezetileg értékes dolgokból pedig túl kevés lesz a piaci folyamatok eredményeként. Ezért az állam képes lehet a társadalmi jólét növelésére a szennyezés egységére kivetett adóval. A Pigou-adó akkor optimális, ha szintje egyenlő a társadalmi optimumban vett externális háttérköltséggel.

De belátható, hogy szuboptimális adóráta is csökkentőleg hatnak a szennyezésre.

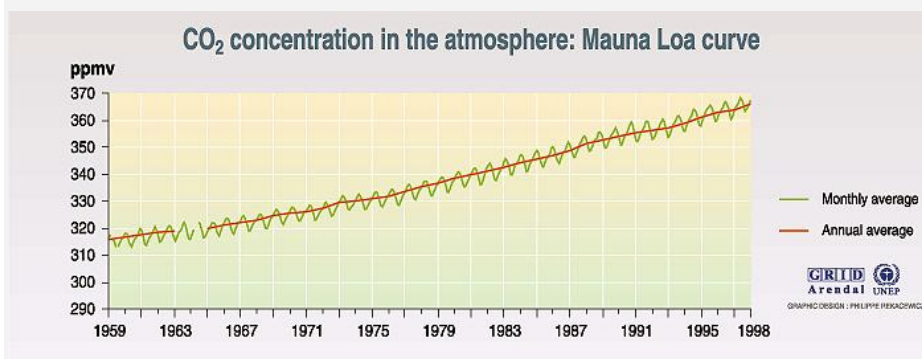
9. Szennyezés csökkentés tökéletesen keveredő szennyezések esetében

Tökéletesen keveredő szennyezések azok, amelyek a befogadó környezeti elemekben, többnyire a földi légkörben hosszú ideig megmaradnak, egyenletesen elosznak, és így fejtik ki káros környezeti hatásukat. Ehhez az kell, hogy a szennyezőanyag viszonylag stabil legyen, vegyileg ne reagáljon könnyen a környezetben található viszonyok között az ott található anyagokkal. Ebből adódóan nem közvetlenül a kibocsátás helyén lépnek fel az externális hatások, hanem sokkal nagyobb térségben, alapvetően globálisan. Ebben a fejezetben a szennyezés csökkentés kérdéskörét tárgyaljuk két globálisan keveredő szennyezőanyag példáján keresztül, amelyek globális környezetszennyezési problémák kialakulásáért felelősek.

9.1. A szén-dioxid és a globális felmelegedés

A szén-dioxid (CO_2) egészen a XX. század legvégéig nem számított szennyezőanyagnak. Azt régóta tudták, hogy a levegő természetes alkotórésze, és hogy széntartalmú anyagok teljes oxidációjakor, például égéskor vagy az élőlények életfolyamatai során keletkezik. A XX. század közepén többek között Neumann János az elsők között hívta fel a figyelmet arra, hogy az emberiség a fosszilis energiahordozók égetésekor keletkező CO_2 formájában gyorsuló ütemben pumpálja vissza a légkörbe azt a szénmennyiséget, amit több százmillió év alatt vontak ki onnan a fotoszintetizáló élőlények. Vagyis a kőszén, kőolaj, földgáz égetésével többlet szén juttatunk a mai légkörbe. Megfogalmazódott a kérdés, hogy valóban mindenféle káros környezeti hatás nélkül folytatható-e ez a folyamat. Vizsgálatok indultak, és a mai légkör CO_2 tartalmát sok ezer éves jéggrétegekben található levegőzárványok CO_2 tartalmával vetették össze, és folyamatosan mérni kezdték a mai légkör CO_2 tartalmának változásait is. A megdöbbentő eredmény az, hogy a fosszilis tüzelőanyagok égetéséből származó CO_2 kibocsátás az ipari forradalom kezdete óta, azaz alig 200 év alatt több mint 30%-kal növelte meg a légköri CO_2 mennyiségét. A kibocsátás gyorsuló ütemben növekszik, manapság évente több mint 3 milliárd tonnával nő a légköri CO_2 mennyiség (KvVM, 2003).

A mérések nagyon sok alapvető összefüggést tártak fel. Az egyik legérdekesebbet a világ legrégebben működő légköri CO₂ mérőállomása szolgálta, amely 1958 óta gyűjti az adatokat a lakott kontinensektől távol, a Csendes-óceán közepén, a Hawaii-szigetek egyik 4000 méter magas hegyén, a Mauna Loa-n.



Source : Scripps Institution of Oceanography (SIO), University of California, 1998.

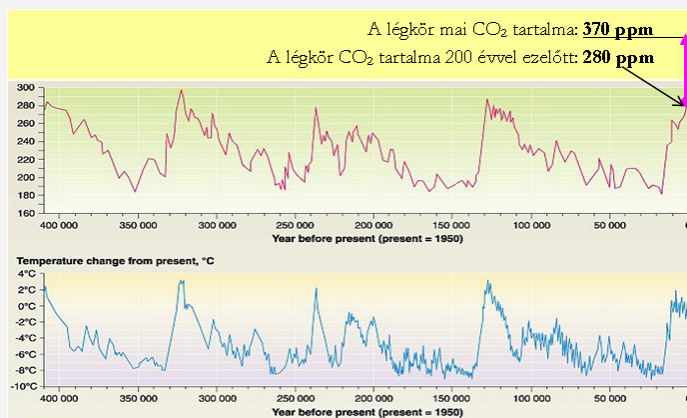
9.1. ábra. A földi légkör CO₂ tartalma a Mauna Loa adatok alapján (Forrás: UNEP, 2001)

A mellékelt ábra (forrás: UNEP) függőleges tengelyén a légkör CO₂ tartalmát kifejező mutatószám látható, ppmv, (parts per million) amely azt méri, hogy a levegő egy millió részecskéjében hány CO₂ molekula található. (Gázok esetében általában a mértékegységet kiegészítik ppmv-re, ami azt mutatja, hogy az érték a szennyezőanyag térfogat arányát mutatja.) Az induló érték 316 ppm, vagyis egymillió levegő részecskéből 316 volt CO₂ molekula 1958-ban. Az adatok grafikus bemutatásával feltáruló jelenség kettős. Egyrészt a mérési adatok éves átlagának ábrázolásával (piros színű görbe, „annual average”) egy határozottan emelkedő tendenciát láthatunk. A légkör CO₂ tartalma negyven év alatt 316 ppm-ről 369 ppm-re emelkedett. Másrészt pedig a havi adatok átlagolásával kapott adatsor (hullámzó zöld grafikon – „monthly average”) világosan mutatja, hogy a föld légkörének CO₂ tartalma milyen szabályos ciklikus ingadozást mutat. A ciklusok hossza pontosan egy év, és a csúcspontok egybeesnek a tél végével a Föld északi féltekéjén, ezt egész tavasszal tartó zuhanás követi, ami a nyár végéig tart. Ennek oka, hogy az északi féltekén sokkal több szárazföldi terület esik a mérsékelt égövbe, ahol ezekben az évszakokban a növényzet növe-

kedése a fotoszintézis révén óriási mennyiségű CO_2 -t von ki a levegőből. Ősszel és télen a növényi lombokban megkötött szén a korhadással visszakerül a légkörbe. Ennek a természetes ciklikus folyamatnak az ipari eredetű CO_2 kibocsátások adnak emelkedő tendenciát (Forrás: UNEP, 2001).

Vajon hogyan hat az emberi tevékenység által okozott változás a földi légkörre? A CO_2 mint minden háromatomos vagy annál nagyobb molekula, amely képes a légkörben tartózkodni, növeli a légkör hővisszatartó képességét. Az ilyen anyagok, amelyeket összefoglaló néven üvegház hatású gázoknak vagy röviden üvegház gázoknak nevezünk, lassítják a Földről a világűrbe kisugárzó hő távozását, ezzel növelik a Föld felszínének átlagos hőmérsékletét. Ez a hatás hozzáadódik a Föld légkörének természetes üvegházhatásához, ezért az ember által okozott felmelegítő hatást antropogén üvegházhatásnak nevezzük.

A Föld felszíni hőmérsékletének és a légkör CO_2 tartalmának kapcsolatát 2-3 km vastag jégrétegek furatmintáiban található levegő zárványok alapján vizsgálják. A mellékelt ábra az Antarktiszon levő Vosztok kutatóállomás jégfurat mintáinak adatait mutatja be.



9.2. ábra. A légkör CO_2 tartalmának és a földfelszín átlaghőmérsékletének alakulása az elmúlt 400 ezer évben az Antarktisz jégrétegének levegő zárványai alapján (Forrás: UNEP, 2001)

A felső grafikon 400 ezer éves adatsora a levegő zárványok szén-dioxid tartalmát mutatja (ppm) egészen 1950-ig, az alsó pedig ugyanazon periódus rekonstruált hőmérsékletének eltérését az 1950-es földfelszíni átlaghőmérséklethez képest (Celsius fokban). A 400 ezer évre visszamenő adatok értelmezésével kapcsolatban sok tudományos vita folyik jelenleg is. A közel fél évszázada tartó vizsgálatok eredményeképp ma tudományos konszenzus van a következőkben (IPCC, 2001).

- i) A légkör CO_2 tartalma még sohasem volt olyan magas az elmúlt 400 ezer év alatt, mint ma (370 ppm).
- ii) 400 ezer év alatt arra sem volt példa, hogy a légkör CO_2 tartalma ilyen rövid idő alatt ilyen nagy mértékben növekedjék, mint az ipari forradalom kezdete óta (150-200 év alatt).
- iii) Az elmúlt 400 ezer év alatt a légkör CO_2 koncentrációja nagyon szoros statisztikai kapcsolatot (korrelációt) mutat a légköri átlaghőmérséklettel - a korreláció kapcsolatot és nem ok-okozati viszonyt jelent.
- iv) Az antropogén CO_2 kibocsátások éghajlati hatásait vizsgáló összetett modellek eredményei alapján nagy valószínűséggel várható, hogy a következő száz évben a Föld felszíni átlaghőmérséklete 1,4 – 5,8 Celsius fokkal emelkedik. A várakozások nagy szórása ellenére két fontos dologra hívjuk fel a figyelmet: a változás legkisebb várható értéke is pozitív, a zéró-változás valószínűsége 1% és 10% között van, vagyis az ember által okozott felmelegedést biztosnak tekinthetjük. A másik, hogy a változás várható mértéke nagyságrendileg megegyezik az utolsó nagy jégkorszaknak véget vető átlagos felmelegedés mértékével.
- v) Mind a hőmérséklet, mind a CO_2 koncentráció erősen változékonyak. Mindkettő képes gyors, drámai változásokra, ezért az antropogén hatás váratlan és nem ismert összefüggésekkel együtt érvényesülhet (Forrás: UNEP, 2001).

Felismerve a probléma globális természetét, a világ országai az ENSZ Éghajlatvédelmi Keretegyezményében (1992) alapozták meg a későbbi nemzetközi összefogás lehetőségét. A Keretegyezmény részeként született meg 1997-ben a Kiotói Jegyzőkönyv, amely a nemzeti ratifikációs feltételek teljesülése alapján sikeresen hatályba lépett. Ennek értelmében a világ fejlett ipari országainak egy csoportja – köztük Magyarország is – vállalta, hogy összes üvegházgáz kibocsátásuk 2008 és 2012 között átlagosan több mint 5%-kal alacsonyabb lesz, mint 1990-ben. Az éghajlatvédelmi össze-

fogás eredményessége azon múlik, hogy sikerül-e 2012 után is tovább folytatni azt, és megállapodni egy valamennyi fejlett és fejlődő országra kiterjedő éghajlatvédelmi egyezményben.

Felhívjuk a figyelmet, hogy a Kiotói Jegyzőkönyv kibocsátás csökkentési célkitűzései biztosan nem tekinthetők társadalmilag optimálisnak, mert az üvegház gázok kibocsátásának társadalmi optimumát szinte lehetetlen, de mindenképp túl korai megállapítani. A kiotói célok nem is ilyen szándékkal születtek, hanem az éghajlatvédelmi folyamat megindítása érdekében. Ennek ellenére tökéletesen keveredő jellege és globális jelentősége miatt a CO₂ kibocsátás témakörét választjuk, hogy példákkal szolgáljon a szennyezés elhárítás témakörének tárgyalása során.

9.2. Szennyezés elhárítás

Láttuk, hogy a szennyezéssel járó gazdasági tevékenységek a külső gazdasági hatások jelentkezése miatt jóléti konfliktust hoznak létre a társadalomban. Az 5. fejezetben bemutattuk, hogy a probléma megoldására létezik közgazdasági értelemben vett optimum, amely a szennyezéssel kapcsolatban elérhető legnagyobb társadalmi összjóletet biztosítja. De ennek elérése érdekében az érintetteknek meg kell hozniuk a Pareto-hatékony jóléti áldozatot. A szennyezőnek le kell mondania profitja társadalmilag nem indokolt részéről, a negatív externáliák károsultjainak pedig el kell viselniük a társadalmilag indokolt externális költségeket.

Ebben a fejezetben azzal, a szennyező szempontjából kulcsfontosságú kérdéssel foglalkozunk, hogy – elfogadva a szennyezés csökkentés szükségességét – feltétlenül le kell-e csökkentenie termelését is. Megközelíthető és elérhető-e a szennyezés társadalmilag optimális szintje anélkül, hogy a termelést korlátozzuk?

A szennyezéssel járó gazdasági aktivitást végző vállalatok számára akár az állami szabályozás, akár a károsult által kezdeményezett alku is lehet az a tényező, amely világossá teszi, hogy termelő tevékenységük külső gazdasági hatásokkal jár, és a vállalat által érzékelt költségeken kívül további externális költségek is fellépnek más érintetteknel. Akár állami, akár egyéni legyen a kezdeményezés, alapvetően egyik sem a gazdasági tevékenységnek, a termelésnek a csökkentését kéri, hanem csak annak a szennyezésnek a korlátozását, amely az externális költségek forrása. Tehát sem a Coase-féle alku, sem a Pigou-adó, sem a környezetvédelmi norma célja nem a termelés, hanem a szennyezés visszafogása.

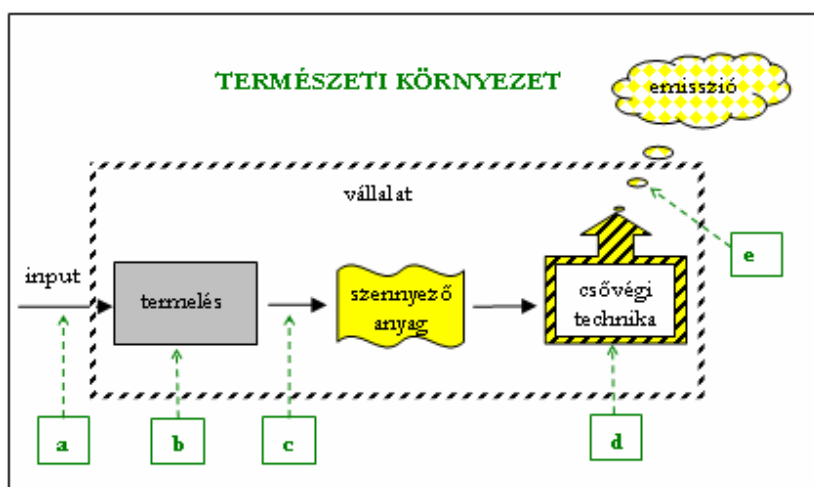
Hogyan lehet csökkenteni a szennyezést a termelés szintjének csökkentése nélkül? A szennyező alkalmazhat aktív vagy passzív környezetvédelmi módszereket. (Kocsis, 1998)

Azokat az intézkedéseket, amelyek mindössze a kibocsátott szennyezés adott mérési ponton kialakuló koncentrációját csökkentik, miközben nem változik az emisszió, **passzív környezetvédelemnek** nevezzük. A szennyezőanyag emissziót csökkentő módszereket nevezzük **aktív környezetvédelemnek**.

Az aktív környezetvédelemnek is vannak intenzív és extenzív formái.

Az **extenzív környezetvédelmi módszerek** nem csökkentik le a keletkező szennyezőanyag mennyiségét, mindössze azok környezetbe jutását mérsékelik a szennyezőanyag visszafogása vagy átalakítása révén. Azokat a módszereket tekintjük **intenzív környezetvédelemnek**, amelyek alkalmazásával lecsökken a termelési folyamatban keletkező szennyezőanyag termékegységre jutó mennyisége.

A termelési folyamatban tehát számos ponton lehet olyan változtatást végezni, amelynek csak a termelés során keletkező szennyezésre van hatása, de a termelt mennyiségre nincs. Ezeket a lehetőségeket a következő sematizált ábrán Kocsis, 1998 alapján foglaljuk össze.



9.3. ábra Szennyezés elhárítási lehetőségek egy termelő vállalatnál (Kocsis, 1998 alapján)

Az ábrán jelöltük és a következőkben magyarázzuk azokat a beavatkozási pontokat, ahol a vállalat intézkedéseket tehet a tevékenységéből származó környezetszennyezés mérséklésére. Amint látni fogjuk, az elhárítási lehetőségek részben eltérőek tökéletesen keveredő és nem tökéletesen keveredő szennyezőanyagok esetében. Ez utóbbiakról a következő fejezetben lesz szó, ebben a fejezetben olyan példát választunk a szennyezés elhárítási lehetőségek szemléltetésére, amely a tökéletesen keveredő szennyezőanyagok közé tartozik.

A szén-dioxid (CO₂) viszonylag stabil, hosszú élettartamú molekula, a légkörben átlagosan 100-200 évet tölt, és ott **tökéletesen keveredik**, ezért hosszú távú szennyezőanyagként tekintjük. Az olyan szennyezőanyagot, amely legalább egy évig a befogadó közegben marad, hosszú távú vagy **long-term szennyezőnek** nevezzük. Helyi vagy regionális szennyezést nem okoz, hatása csak globális szinten jelentkezik. Környezeti hatása nem közvetlenül a kibocsátásához kapcsolódik, mint ahogyan például a zaj esetében. A zaj környezeti hatása azonnal megszűnik, ha megszűnik a kibocsátása. Ezért a zaj **flow-típusú szennyező**. A CO₂ esetében a légkörben felhalmozódó készlete az, amely fokozza a légkör hővisszatartó képességét, vagyis a környezeti hatást a légkör CO₂ tartalmának növekedése okozza. Ezért az akkumulálódó vagy **stock-típusú szennyezők** közé tartozik. Kibocsátásának meghatározó forrása a fosszilis tüzelőanyagok égetésén alapuló energia termelés és közlekedés. Fosszilis tüzelőanyagok a kőszén, kőolaj, földgáz, melyek sok százmillió év alatt, élő szervezetek oxigénmentes bomlásával és felhalmozódásával keletkeztek.

Nézzük tehát a CO₂ példáján a termelő szennyezés-csökkentési lehetőségeit! Legyen a termelőnk egy villamos erőmű, amely lignit égetéséből nyert hővel villamos energiát termel. A 9.4. ábra jelölései alapján végigtekintjük, hogy milyen lehetőségei vannak a lignittüzelésű villamos erőműnek arra, hogy CO₂ kibocsátását csökkentse anélkül, hogy termelését csökkentenie kellene.

- a) Tisztább inputok használata - ennek révén csökken a bevitt szennyeződés és a termékegységre jutó kibocsátott szennyezés. A tisztább inputok használatát az aktív módszerek között is az intenzív környezetvédelmi intézkedések közé sorolhatjuk.

A különböző fosszilis energiahordozók égetésekor eltérő mennyiségű CO₂ keletkezik, mivel az energiataralomra vetített széntartalmuk eltérő.

Tüzelőanyagok CO ₂ kibocsátása, g/MJ	
lignit	101,2
barnaszén	96,1
feketeszén	94,6
fűtőolajak	77,4
tüzelőolaj	74,1
földgáz	56,1
biomassza	0

9.1. táblázat. Tüzelőanyagok CO₂ kibocsátása
(Forrás: IPCC, 1996)

Amint a mellékelt táblázat mutatja, a fosszilis tüzelőanyagok közül a lignit fajlagos CO₂ kibocsátása a legnagyobb, a földgázé a legkisebb. Ezért az erőmű csökkentheti CO₂ kibocsátását, ha a lignitről barnaszénre áll át (5%-os emisszió csökkenés), és még tovább, ha barnaszénről feketeszénre (összesen 7%-os emisszió csökkenés). Jelentős további csökkenést okoz, ha a szénfajtákról a szénhidrogénekre állítják át a tüzelőberendezést. Látjuk, hogy a fűtőolajak és a tüzelőolajak fajlagos CO₂ kibocsátása sem egyforma, de jóval alacsonyabb, mint bármelyik szénfajtáé (összesen 24-27%-os emisszió csökkenés), és jóval magasabb, mint a földgázé. A földgázra történő átállással tehát a lignit erőmű majdnem felére csökkentheti CO₂ kibocsátását – minden más hatékonysági tényező változatlanóságát feltételezve. A biomassának nevezett tüzelőanyag lehet fahulladéktól mezőgazdasági hulladékokon át kifejezetten energetikai célból termesztett növényekig bármi, ami biológiailag lebomló anyag és nem fosszilis eredetű. Miért nulla ezek CO₂ kibocsátása? A globális szén körforgás miatt. Természetesen a biomassza égetésekor is jelentős CO₂ mennyiség keletkezik. A zéró-kibocsátás itt a nettó légköri CO₂ hatásra utal, mivel a növények fotoszintézise révén a biomasszában található teljes szénmennyiség a légkör CO₂ tartalmából származik, és természetes lebomlása során metán és szén-dioxid formájában oda is kerül vissza. Ezért a biomassza elégetésével az ember nem tesz hozzá a globális szénkörforgásban forgó szénmennyiséghez, csak saját hasznára fordítja a szerves anyagok oxidációja során kelet-

kező hőenergiát. A zéró nettó szénhozzáadás azonban csak akkor áll fenn a biomassa égetésre, ha a biomassa nem erdőirtásból származik, ugyanis az erdők ökoszisztémája hatalmas mennyiségű szénen tart lekötvén az ott élő szervezetekben.

- b)** A termelés visszafogása – amikor semmilyen más módja nincs a szennyezés kibocsátás csökkentésének, mint a termelés csökkentése, vagy amikor egyéb szennyezés csökkentési lehetőségekkel együtt a termelés visszafogása is része a legkisebb költségű vállalati válasznak. Általában ezt a lépést megelőzi minden más, a 9.3. ábra szerint elkülöníthető szennyezés csökkentési lehetőségnek a feltárása és költségeinek elemzése.

A termelés visszafogása egy villamos erőmű számára is elképzelhető csak úgy, mint más termelő vállalatok számára. A villamos energiát ma már az EU tagállamaiban és a világ sok más országában többé-kevésbé egymással versenyző erőmű vállalatok termelik, ezért ha az egyikük környezetvédelmi szabályozás miatt termelésének visszafogására kénytelen, akkor más erőmű vállalatok léphetnek be a helyére a villamos energia piacon. Ezért a termelési lehetőség környezetvédelmi okokból történő elvesztése egy villamos erőmű vállalat számára is a piaci részesedéséről szóló központi, stratégiai kérdés. A CO₂ kibocsátás korlátozását célzó nemzetközi szabályozási kezdeményezések hatására sok erőmű kényszerülhet arra, hogy a termelését tartósan vagy végérvényesen korlátozza, például mert valamely rendkívül olcsó helyi szénlelőhelyre települt, gépeit is arra tervezték, ezért bármilyen más, kevésbé CO₂-intenzív tüzelőanyagra való átállítása nem lehetséges, mert az állóeszközök teljes lecserélését, gyakorlatilag egy új erőmű megépítését igényelné.

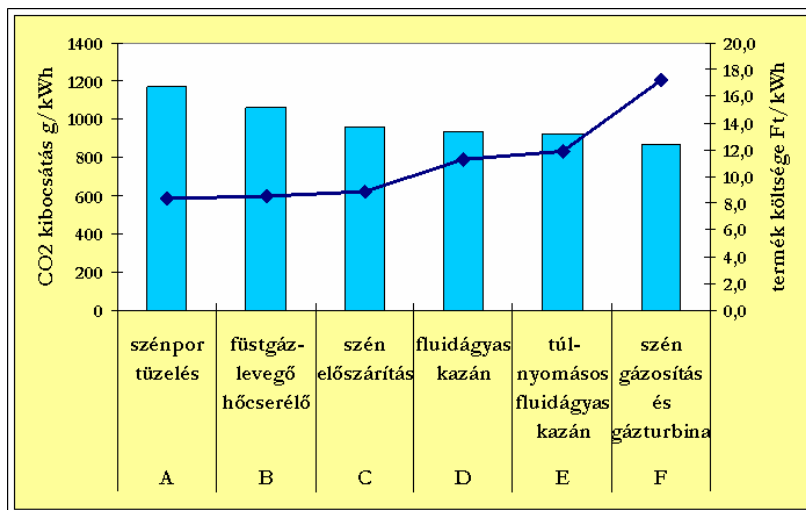


9.4. ábra. Energetikai célú fűzfa ültetvény. 3 évente vágható

A túlzottan nagy költséggel járó, üzletileg nem kivitelezhető beruházás helyett ésszerűbb lehet a bezárás, amelynek révén más tüzelőanyagok és villamos erőművek, különösen a CO₂ semleges technikák (például megújuló energiatermelés, energetikai célú növénytermesztés) versenyhelyzete javul, termelési lehetőségeik növekednek. A szén-dioxidra vonatkozó környezetvédelmi szabályozás akkor megfelelő, ha elősegíti ezt a folyamatot.

- c) Új termelési technológia alkalmazása – melynek révén a termékegységre jutó szennyezőanyag mennyiség csökken. Az ilyen beavatkozást is az intenzív környezetvédelem intézkedései közé sorolják.

Egy hagyományos szénportüzelésű erőmű számára nagyon sok kipróbált, bevált, kereskedelmi alkalmazásokban működő technikai lehetőség kínálkozik az egységnyi villamos áram termelésre jutó szén-dioxid kibocsátás csökkentésére. Ezek a technikai eszközök kisebb-nagyobb átalakításával, kevesebb vagy több eszköznek, berendezésnek a cseréjével járnak. Attól függően, hogy ezek a beruházások mennyivel növelik a villamos energia fix költségét, eltérő mértékben növelik meg a termék teljes egységköltségét. Ezért a vállalat a CO₂ kibocsátás csökkentő hatás mellett azt is mérlegelni fogja, hogy mekkora költségnövekedést tud érvényesíteni a megtermelt villamos energia egységárában.



9.5. ábra. Szén alapú villamos-energia termelési technikák CO₂ kibocsátása és költsége (Forrás: Lesi – Pál, 2005)

A mellékelt ábrán néhány egyszerűsített példát mutatunk be, hogy illusztráljuk a termelési folyamat fejlesztésének, a CO₂ kibocsátásnak és a termék egységkötségének kapcsolatát. Az erőmű az egyszerű szénportüzelés mellett végrehajthat kisebb technológiai jellegű fejlesztéseket, mint a füstgáz hőenergiája egy részének visszanyerése a termelési folyamathoz (B) vagy a szén előszárításához (C). Magának a tüzeléstechnikának az átalakítását igénylik a különböző fluidágyas kazánok (D, E), ezért, habár további CO₂ kibocsátás elhárítást érhet el velük az erőmű, a villamos-energia termelés egységkötségét jelentős mértékben megnövelik. A legtisztább szén-alapú technika a szén elgázosításán és a keletkező széngáz felhasználásán alapul (F). Mivel a széngázt már nem gőzfejlesztő kazánban, hanem gázturbinában égetik el, ezért a gőzciklus és generátor cseréje is szükséges a széngáz fejlesztő üzem telepítésén kívül. Igaz, hogy ez az úgynevezett „tisza szén-technológia” nagy hatásfokú és további CO₂ kibocsátás csökkenést eredményez, de az áram termelési költségét nagyon megemeli. Az ábrán jól látható az az általánosan ismert jelenség, hogy a kezdeti szennyezés-kibocsátás fokozatos csökkentése egyre nagyobb ütemű költségnövekedést okoz a szennyező számára.

- d)** A termelésből származó szennyezés visszafogása a termelési folyamat legvégén (a „cső végén”) – vagyis a szennyezés leválasztása az anyagáramból, és visszatartása, mielőtt a környezetbe jutna. Sokfajta szűrőberendezés, leválasztó, katalizátor és füstgázmosó berendezés működik ipari alkalmazásokban. Ezek nem szüntetik meg a szennyezést, csak a termelés helyszínén történő kibocsátást. Az extenzív módszerek közé tartozó, úgynevezett csővégi elhárítás folyamatában felhalmozódó szennyezőanyagokat ártalmatlanítani és tárolni kell – többnyire veszélyes anyagokról van szó.

A CO₂ csővégi leválasztására szolgáló eszközök még csak fejlesztési szinten illetve kísérleti vagy demonstrációs létesítményekben léteznek, de ipari alkalmazásuk várható, ha a CO₂ kibocsátás csökkentésére irányuló környezetpolitika nemzetközileg is nagyrészt elfogadottá válik. A csővégi CO₂ leválasztás magas költségei miatt különösen a villamos energia termelésben terjedhet el. A villamos energia termelésben a fosszilis tüzelőanyagok nehezen helyettesíthetők. Ennek oka részben a technikai fejlődés fosszilis energia függősége, amelynek révén ma már olcsón lehet fosszilis energiahordozókból villamos energiát termelni, de e mögött két évszázad folya-

matos ipari fejlődése áll, ami nagy előnyt biztosít a fosszilis energiahordozóknak a megújuló energiahordozókkal szemben. A korlátozott helyettesíthetőség másik oka a világszerte található nagy szénkészletek, amelyek sok száz évre biztosíthatnak olcsó és biztonságpolitikai szempontból megnyugtató energiaforrást. Ezért a szén alapú villamos energia termelés tartós fennmaradása magával hozhatja a csővégi CO₂ leválasztás ipari alkalmazását. Mi történik a leválasztott CO₂ gázzal? A ma ismert elképzelések szerint vagy kiürült kőolaj és földgáz lelőhelyekre préselnék be, vagy az óceánok mélytengeri vízrétegeibe. Mivel a tartós tárolásra alkalmas kiürült szénhidrogén lelőhelyekhez korlátozott a hozzáférés, ezért a mélyvízi rétegekben való elhelyezés lehetőségeit komolyan kutatják. A leválasztott és vízbe préselt CO₂ –vel kapcsolatban is felmerülnek biztonsági kérdések. Meddig marad a vízben a CO₂?



9.6. ábra. Önműködő szódavíz szökőkút a Nyos-tavon

A nagy nyomású vízrétegekben oldódik a CO₂ gáz, és az óriási nyomás miatt ott is marad. De a kameruni Nyos-tó 1986-os tragédiája felhívja a figyelmet a veszélyekre. Ez egy kialudt vulkán kráterében levő tó, melynek medrében vulkanikus eredetű CO₂ gázszivárgások vannak. A gáz a meder több pontján folyamatosan oldódik be a mély tó alsó vízrétegeibe, és ott erősen telített CO₂ oldat jön létre. Valamilyen külső behatás (valószínűleg a tópartról induló földcsuszamlás) miatt a tó alsó, CO₂ dús rétegei és felső, kisnyomású rétegei keveredtek, a nyomáscsökkenés hatására buborékkép-

ződés indult (mint a szénsavas italok kinyitásakor), és óriási mennyiségű, kb. 1 km^3 CO_2 gáz szabadult ki robbanásszerűen a tóból, majd láthatatlan gyilkos áradatként folyt lefelé a völgyeken. Összesen 1700 ember és sok állat fulladt meg a CO_2 gázfolyamtól, amely a levegőnél nehezebb, így közvetlenül a talaj felszínén, a levegőt kiszorítva haladt a gravitációval. A későbbi CO_2 gázkitörések megelőzése érdekében ma már folyamatosan csökkentik a tó mélyvízi rétegeinek CO_2 telítettségét. Ehhez egyszerűen hosszú csöveken engedik a felszínre törni a sok oldott CO_2 -t tartalmazó vízréteget. Így a CO_2 a levegőbe távozik, elkerülve az újabb spontán gázkitöréseket. Remélhetőleg az ipari csővégi leválasztásból származó CO_2 óceáni tárolása előtt kiderülhetnek majd a módszer kockázatai, és annak esélye, hogy az óceánban tárolt CO_2 gáz végül előbb-utóbb visszakerülhet-e a légkörbe.

Végül a 9.3. ábra utolsó lehetősége a környezetvédelmi beavatkozásra a passzív módszernek tekinthető hígítás:

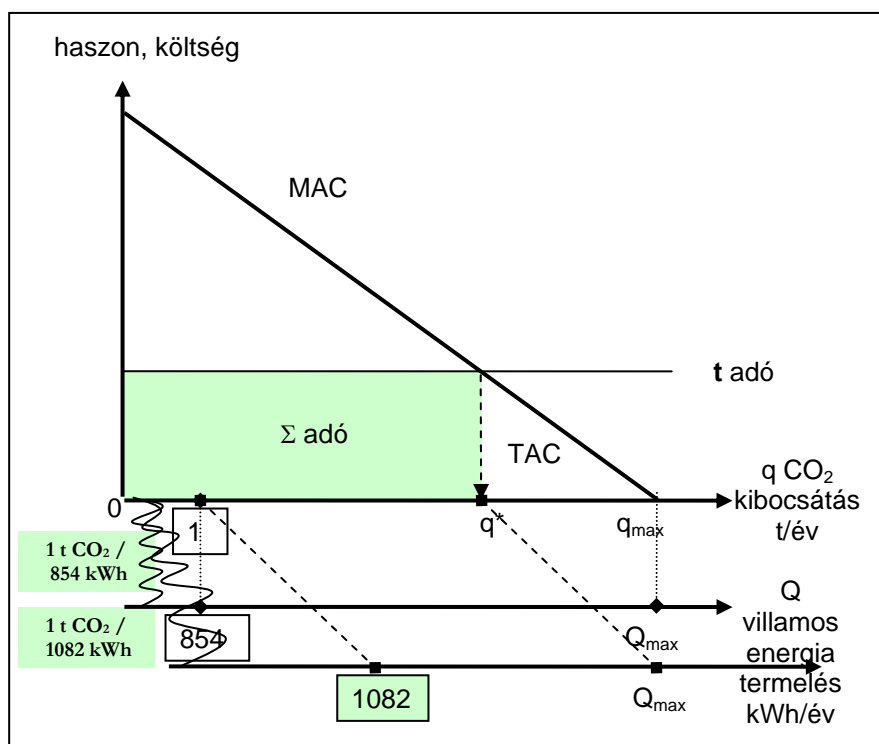
- e) a kibocsátott szennyezés koncentrációjának csökkentése – azaz kibocsátáskor a szennyezőanyag hígítása az anyagáramban. Vegyük észre, hogy tökéletesen keveredő anyagok esetében nincs értelme egy ilyen beavatkozásnak, hiszen csak a szennyezőanyag kibocsátott összes mennyisége számít. Akár hígabb, akár töményebb keverék részeként kerül a környezetbe, a tökéletesen keveredő szennyezőanyagokból eredő károk a keveredés után, nagyrészt globálisan jelentkeznek. A szennyezés hígítása a nem tökéletesen keveredő szennyezőanyagok esetében számít, ezekről a következő fejezetben lesz szó.

9.3. Szennyezés elhárítási költség

A korábbi fejezetekben a szennyezés csökkentésnek csak azt a lehetőséget tárgyaltuk, amely szerint a szennyező visszafogja termelését. De most áttekintettük, hogy a termelés visszafogásán kívül milyen más módjai lehetnek a szennyezés csökkentésnek. A szennyezés csökkentő technikák alkalmazásával a termelő anélkül is elháríthatja kibocsátását, hogy le kellene mondania a termelés lehetőségéről.

Ezért a szennyező vállalat a környezetvédelmi szabályozásra úgy fog reagálni, hogy mérlegeli a szennyezés elhárítási lehetőségek és a termelés visszafogás kihatásait saját jóléti helyzetére. Ezzel kap teljes képet arról, hogyan tervezheti meg az optimális, azaz a legkisebb költségű alkalmazko-

dást. Lehetséges, hogy ez kizárólag szennyezés elhárítási technikák alkalmazásából vagy a szennyezéscsökkentés és a termelés visszafogás valamilyen kevert alkalmazásából áll össze. Ennek részletesebb elemzése túlmutat a kurzus anyagán. De a szennyezés elhárítási technikákból származó költségek alakulását bemutatjuk a következő ábrán.



9.7. ábra Költségek és környezeti hatékonyság javulás szennyezés elhárítási technikák alkalmazásával

Az ábrán egy szénpor tüzelésű villamos erőmű példáját látjuk, amely a kiinduló helyzetben 1 tonna CO₂ kibocsátással 854 kWh villamos energiát tud előállítani. (A példában használt értékek megegyeznek a 9.5. ábra adataival.) A környezetvédelmi hatás a CO₂ emisszióra adót vet ki – gondolatmenetünk szempontjából ezúttal nem fontos annak kikötése, hogy az adó Pigou-féle adó legyen, vagyis hogy az adó szintje megegyezzen az optimális externális határköltséggel, ezért az ábrán nem is vettük fel a MEC görbét. Egyszerűen tekintsünk egy t nagyságú CO₂ adót, amely vagy optimális vagy nem az. Számunkra most a szennyező vállalatra gyakorolt

hatás az érdekes. A vállalat a kiinduló helyzetben a Q_{\max} termelési szinten van, és az ahhoz tartozó q_{\max} CO_2 mennyiséget bocsátja ki. A t nagyságú adó hatására áttekinti a rendelkezésre álló szennyezés elhárítási technikákat, és sorrendbe állítja aszerint, hogy azokkal egy tonna CO_2 kibocsátás elhárítása milyen költség mellett valósítható meg.

A szennyezőanyag kibocsátástól függő kibocsátás csökkentési költségek változását ábrázoló függvényt elhárítási határköltség görbének (MAC) nevezzük.

Az elhárítási határköltség görbe (MAC, marginal abatement cost) az ábrán negatív meredekségű, hiszen a kibocsátott szennyezés függvényében ábrázoljuk. Az eredeti q_{\max} szennyezési szintről indulva természetesen az elhárítási határköltség görbe meredeksége pozitív, mert újabb és újabb emisszió csökkentés csak egyre növekvő határköltségen, azaz csak egyre drágábban valósítható meg. Tehát az emissziócsökkentés függvényében ábrázolva a MAC görbe meredeksége pozitív. A görbe alakja egyszerűsítés. Az empirikus példák szerint sem a lineáris jelleg, sem a törésmentes folytonosság nem jellemző. Lineáris helyett a kapcsolat gyakran inkább exponenciális, mert általában nagyságrendekkel drágább az utolsó emisszió egységeket elhárítani, mint a szennyezés nagy részét. A folytonosság helyett pedig többnyire többlépcsős MAC függvényeket tapasztalunk, mert a kibocsátás csökkentő technikák beruházás igénye miatt költséglépcső keletkezik, de annak meglépése után egy bizonyos mennyiségű emissziót konstans határköltséggel háríthatunk el.

Tehát az ábránkon szereplő MAC görbe egyszerűsítés, de elméletileg helyes, és alkalmas arra, hogy a vállalat döntését ábrázolja. A q_{\max} szennyezési szintet biztosan nem ésszerű fenntartani. Ekkor ugyanis t nagyságú adót kellene fizetnie minden egyes kibocsátott CO_2 tonna után, márpedig a q_{\max} -ban és közvetlenül előtte a t adó megfizetése helyett annál sokkal olcsóbban el lehet hárítani valamennyi CO_2 emissziót. Vagyis csak egy alacsony elhárítási határköltséget kell megfizetni, miáltal a CO_2 emisszió lecsökken, és így nem kell megfizetni a MAC-nál sokkal magasabb tonnánkénti adót. A vállalat egészen addig az emisszió csökkentést választja, amíg az így keletkező elhárítási költsége alacsonyabb, mint amennyibe ugyanazon szennyezés kibocsátásának a környezetvédelmi adója kerülne. Vagyis a szennyezés vállalati optimuma ott lesz, ahol $t = \text{MAC}$. Ha ennél is

tovább csökkentené szennyezését, akkor kevesebb adót takarítana meg az emissziócsökkentéssel, mint amennyibe az emissziócsökkentés kerülne. Tehát az adó bevezetésének hatására a vállalat elhárít $q_{\max} - q^*$ nagyságú emissziót. Az így keletkező összes kibocsátáscsökkentési költséget az ábrán TAC-vel jelöltük, amely a MAC görbe alatti terület a q^* és q_{\max} közötti szakaszon. A q^* nagyságú szennyezést a vállalat kibocsátja, és befizeti annak adóját, amely a q^* szorzója t nagyságú négyzet területére.

Hogyan hatott az erőmű helyzetére, hogy nem termelés visszafogással, hanem emisszió csökkentéssel reagált a CO₂ adó bevezetésére? Az ábrán szereplő emisszió csökkentés a 9.5. ábra E opciója szerint történik, azaz feltételeztük, hogy az erőmű a szénpor tüzelésről áttér egy olyan modern tüzelési technikára, melyben a szenet egy hatékony kazántechnológiával, úgynevezett túlnyomásos „fluid ágyban” tüzelik. Így az erőmű 1 tonna CO₂ kibocsátásával összesen már 1082 kWh villamos energiát képes megtermelni, ami több mint 25%-os javulás a termelés környezeti hatékonyságában. Arról most nem tudunk semmit, hogy jövedelmi pozícióját hogyan befolyásolja az összesen TAC + $t \times q^*$ nagyságú környezetvédelmi költség, mert nem ismerjük a vállalat piaci helyzetét. De azt látjuk, hogy miközben CO₂ emissziója lecsökkent, termelése nem változott, ugyanúgy Q_{\max} szinten termel villamos energiát.

Az elhárítási technológia alkalmazása révén a szennyező vállalat összes és fajlagos emissziója is lecsökken, miközben termelése nem változik

Azonban egy szenes erőmű, akármilyen sokat költ is szennyezés csökkentésre, alapvetően mégiscsak geológiailag raktározott szenet oxidál, ezért CO₂ kibocsátása biztosan lesz. A CO₂ kibocsátás nem helyettesíthető fosszilis tüzelőanyag esetében – csak a fosszilis erőmű lenne helyettesíthető, például nukleáris vagy megújuló energiát hasznosító erőművekkel. Azonban van példa a hosszú élettartamú, tökéletesen keveredő szennyezők körében is arra, hogy teljes egészében meg lehetett szüntetni a kibocsátásukat, miután bebizonyosodtak súlyos környezeti hatásai.

9.4. A sztratoszférikus ózonréteg károsítása

A földi légkör sztratoszférának nevezett tartományában 20 és 25 km közötti magasságban található a Föld természetes ózon (O₃) rétege. Keletkezése a napsugárzással és a stabil kétatomos oxigén molekula felbomlásával

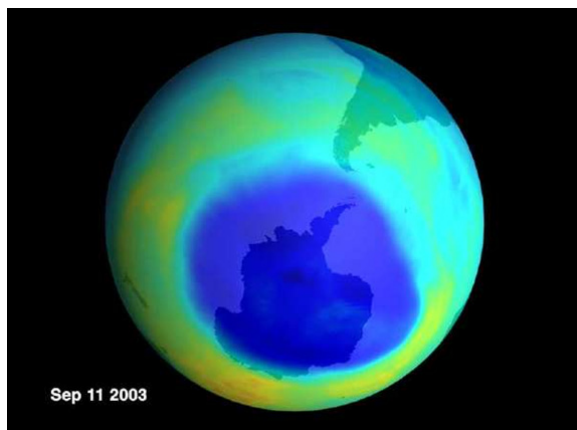
kezdődik. A napsugárzás ibolyántúli (UV) tartományában érkező nagy energiamennyiség hatására sok kétatomos oxigén molekula felbomlik a sztratoszférában, és a széteső O_2 -ből felszabaduló oxigén atom hozzákötődik egy kétatomos oxigén molekulához. Az ózon azonban nem stabil molekula, ezért az ózonréteg folyamatosan bomlik és képződik a sztratoszférában. Az egyenlítő vidékén az állandó erős napsugárzás hatására az ózon nettó képződése, a sarkkörökön túl pedig a napfény nélküli hosszú sarki éjszakák miatt az ózon nettó bomlása a jellemző, természetes körülmények között a folyamat egyensúlyban van a földgolyó egészén. A magaslégtéri ózon jelentősége a földi élet szempontjából éppen az, hogy a napsugárzás spektrumának nagy energiájú részét „megcsapolja” (az UV-B és UV-C sugarakat), és az erős UV sugárzásnak csak kis része (UV-A) jut túl az ózonrétegen.

A hetvenes évek légkörkémiaili kutatásai során merült fel az a gondolat, hogy sok ipari gáz képes lehet az ózonrétegben zajló képződési egyensúly megzavarására. A fő gyanúsítottak a klór és bróm tartalmú mesterséges gázok voltak. Ezek közül ipari szempontból a legfontosabbak a CFC-ként rövidített gázok csoportjába tartozó klórozott-fluorozott-szénhidrogén vegyületek.

A CFC-k vegyileg nagyon stabil anyagok, elsősorban aeroszol-hajtógázként, hűtőgépek és légkondicionáló berendezések hűtőközegeként és szilárd műanyag habok gyártási folyamatában használták. A CFC-k kiszabadulva humán alkalmazási eszközeikből a légkörbe kerülnek. Vegyi stabilitásuk miatt hosszú távú, long-term szennyezők, nem reagálnak a környezetükkel, ezért feljutnak a sztratoszférába, egészen az ózonképződés rétegébe. Az ottani erős UV sugárzásnak azonban a CFC-k sem állnak ellen, a felbomló vegyületből klór szabadul fel, amely az ózonmolekulákat bontani kezdi. Mivel a folyamat katalitikus jellegű, a klór nem kötődik le, hanem újabb és újabb ózon-molekulák felbomlását idézi elő. Tehát az ózonbomlást okozó anyag, a klór **másodlagos szennyező**, az elsődleges CFC szennyezésből jön létre. Felszabadulása után a klór mintegy száz éven át marad aktív az ózonrétegben. (Park, 1997).

Az első légköri mérések igazolták a baljós várakozásokat: a 80-as évek közepére a természetes ózonréteg ózontartalmának 40%-a pusztult el. A fogyás nem egyenletes: az ózonréteg ritkulása, vékonyodása legsúlyosab-

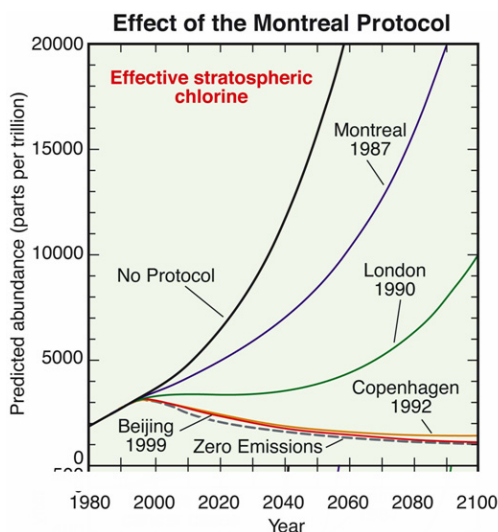
ban a sarki tavasz idején az északi és főleg a déli sarkkör térségében történik, ahol a sztratoszférikus ózon nagyrészt elpusztul – innen a nem pontos, de ismertté vált „ózonlyuk” elnevezés.



9.8. ábra. Ózon-fogyás az Antarktisz felett, 2003 szeptemberében. Mérete kb. 30 millió km^2
(Forrás: NASA <http://svs.gsfc.nasa.gov>)

Az ózonréteg pusztulása súlyos hatásokkal jár a Föld egészére nézve. Az élet kialakulása és evolúciója folyamatában az ózon védőhatása végig jelen volt, ezért az ökológiai hatások beláthatatlanok. A biodiverzitás csökkenhet, fajok károsodhatnak és tűnhetnek el. Különösen érzékenyek a tengeri ökoszisztémák, mivel a tápláléklánc az érzékeny, apró fitoplanktonikus élőlényeken alapszik. Valamennyi földi életforma legértékesebb anyagai, a genetikai információkat hordozó DNS molekulák különösen sérülékenyek, mivel nemcsak összetett, bonyolult órásmolekulák, de a sejtek folyamatosan bontják és másolják őket, ezért a nagy energiájú külső hatások genetikai hibákat, mutációkat okozhatnak az örökítőanyagban. Az UV sugárzás humán egészségügyi hatásai ezen túl a közvetlen szem- és bőrkárosodás, bőr- és egyéb daganatok, az immunrendszer gyengülése.

A fenyegető helyzetben született meg az első nemzetközi ózon egyezmény (Montreáli Jegyzőkönyv 1997), amelynek aláíró országai vállalták, hogy először befagyasztják, majd fokozatosan megszüntetik CFC termelésüket.



9.9. ábra. Az aktív klór mennyiségének alakulása a légkör sztratoszférájában (1/trillió) az ózonegyezmények nélkül, és azok hatására (Forrás: WMO, 2003)

Az első ózon egyezményt újabbak követték az antropogén ózombomlás megállítása érdekében, újabb országok csatlakoztak, újabb és újabb ózonkárosító anyagok korlátozását fogadták el. A mellékelt ábra („No Protocol”-görbéje) mutatja, hogy a sztratoszférában az aktív klór atomok száma (egy trillió levegő molekulához képest) a környezetvédelmi egyezmények nélkül exponenciálisan növekedett volna. Az egymást követő egyezmények hatására a várható klórmennyiség egyre lassabban nő, míg végül a Koppenhágai Jegyzőkönyv és a Pekingi Jegyzőkönyv révén a százéves távlatban várható mennyiség csökkenni kezdett, és remélni lehet, hogy a sztratoszféra klórtartalmára már csak a klór kiürülésének üteme hat (v.ö.: „Zero emission”).

Az ózon-egyezményeket emiatt a nemzetközi környezetvédelmi kezdeményezések egyik legnagyobb sikerének tartják. A siker kulcsa a gazdasági hatásokban kereshető, mert a szennyezőanyagok viszonylag könnyen helyettesíthető technológiai segédanyagok voltak. Így a szennyezés csökkentése, sőt teljes elhárítása anélkül megtörténhetett, hogy bármelyik olyan termék termelését vissza kellett volna fogni, amelyek gyártásához korábban ezeket a szennyezőanyagokat használták. Ilyen szempontból a példa nehezen lesz követhető a CO₂ korlátozásra vonatkozó kezdeményezések számára, mert a fosszilis energiahordozók felhasználása az ipari társadalmak alapvető gazdasági folyamatai közé tartozik.

10. Szennyezés csökkentés nem tökéletesen keveredő szennyezések esetében

Az előző fejezetben láttuk, hogy a hosszú élettartamú, tökéletesen keveredő long term szennyezések esetében a kibocsátott összes mennyiség számít. Az összes emisszió fogja meghatározni a környezeti hatást. A két tárgyalt példánkban, a tökéletesen keveredő üvegház gázok és ózontontó anyagok esetében is nemzetközi összefogásra van szükség, mert egy-egy ország nem tudja a globális felmelegedésből vagy az ózontér vékonyodásából származó saját környezeti kárait csökkenteni saját szennyezőanyag emissziójának csökkentésével. Mindkét esetben csak a földi légkörbe kibocsátott teljes mennyiség csökkentésével van esély a környezeti károk és kockázatok mérséklésére. Mivel globális környezetvédelmi problémákról van szó, ezért ha egyes országok csökkentik emissziójukat, miközben mások növelik, akkor sem az ózontkárosodás sem az éghajlatváltozás esetében nem lehet megoldásban reménykedni.

A környezetvédelmi problémák egy jelentős részét azonban nem valamilyen szennyezőanyag globális emissziója, hanem egy szennyezőanyag helyi vagy regionális felhalmozódása, koncentráció növekedése okozza. Attól függően, hogy a szennyezőanyag mennyire reagens, mennyi a kibocsátott mennyiség és milyenek a terjedési viszonyok, a hatások az emisszió forráshoz egészen közel, vagy annak tágabb régiójában is jelentkezhetnek.

10.1. A szennyezettség kialakulása

Egyes szennyezőanyagok a környezetbe kerülve olyan másodlagos szennyező anyagokat hoznak létre, amelyek erősen savas kémhatásúak. Ezek közül a legfontosabb elsődleges szennyezőanyagok a kén-dioxid (SO_2) és a nitrogén-oxidok (NO_x , ahol $x=1, 2$ vagy 3) a másodlagos szennyezők pedig az ezekből keletkező savak (kénsav, kénessav, salétromsav, salétromossav). A savak képződéséhez szükséges víz származhat a levegő vízpárájából vagy a szennyezés ülepedése után a felszíni vizekből, talajból is. Ezért a savas csapadék lehet vizes, például a savas eső, de lehet száraz ülepedés terméke. A savasodás története az ipari termelési folyamatok kezdete óta tart: az első savas esőt Manchesterben írták le 1852-ben. Már akkor megfigyelték, hogy

kapcsolat van az ipari létesítményekből áradó füst, a savas jelenségek és az élőlények pusztulása között. Ma már azt is tudjuk, hogy a kén-dioxid a kőszén és kőolaj magas kéntartamából keletkezik égetéskor, a nitrogén oxidok pedig minden tüzelőberendezésben, ahol kellően magas a hőmérséklet ahhoz, hogy a levegő nitrogénje és oxigénje reakcióba lépjen egymással. A savas csapadék a környezeti elemek természetes pH értékét a savas irányba tolja el, és ez pusztulást okoz az ökoszisztémában, amely az adott élőhelyre jellemző természetes sav-lúg arány mellett alakult ki. A talajok és a vizek elsavanyodása következtében a legtöbb növény súlyosan károsul, teljes erdősegek, tavak pusztulnak el, a talajok elvesztik kálium és kalcium tartalmukat, így terméketlenné válnak. A vízi életformák különösen érzékenyek, a savas eső által kioldott kőzet- és talajalkotók megmérgezik a halakat, az életfeltételek leromlanak, a pusztuló állományok és a drámai módon csökkenő szaporulat a teljes ökológiai egyensúlyt felborítja. A savasodás sok helyen olyan erős, hogy az eső az ember által alkotott kulturális környezet kőből készült emlékeit is szétmarta (Park, 1997).



10.1. ábra. Sír a kő ... (savas eső által lemart mészkő)

Sok szennyezőanyagra jellemző, hogy vegyileg nem stabil, kibocsátása után gyorsan reakcióra lép a környezetben található anyagokkal (víz, levegő, élő szövetek). Az ilyen szennyezők esetében a szennyezőanyag kibocsátás mellett a szennyezettség alakulását is figyelembe kell venni.

Egy meghatározott befogadó közegben megfigyelhető szennyezőanyag előfordulást szennyezettségnek vagy **immisszió**nak nevezzük. Az immissziót mindig az adott befogadó közegre (**receptorra**) és adott szennyezőanyag **koncentrációjára** értelmezzük.

Egy befogadónál jelentkező szennyezettségnek több kibocsátó is lehet a forrása. Ekkor a környezetvédelmi szabályozás célja nem közvetlenül az egyes szennyező források emissziójának a csökkentése, hanem a különböző szennyező források által az adott helyen, régióban együttesen okozott szennyezettség csökkentése. Ehhez a következő lépéseket kell tennie a szabályozó hatóságoknak:

- először meg kell határozni a **immisszió csökkentési célt**,
- ezután meg kell vizsgálni, hogy **mely szennyező források** járulnak hozzá emissziójukkal a befogadónál megfigyelhető immisszióhoz,
- majd meg kell állapítani azt az összefüggést, hogy az egyes szennyező források emissziója **milyen mértékben járul hozzá** a kiinduló helyzetben a szennyező források immissziójához.

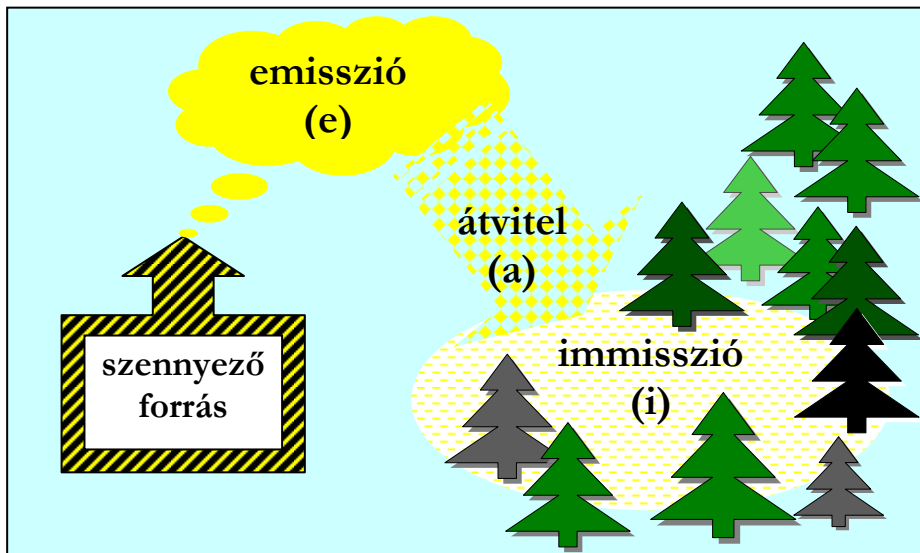
Az immisszió csökkentési célt meghatározó külső gazdasági hatások közt nagy jelentősége van a szennyezést befogadó természeti környezet érzékenységének, öntisztuló képességének és a szennyezés kockázatainak. A szabályozásnál az adott befogadó közeg szennyezettségét előidéző valamennyi emisszió forrást azonosítani kell.

Minden olyan szennyező forrás, amely az adott káros anyagot a környezetbe bocsátja, eltérő mértékben járul hozzá a befogadó közeg egy adott ponton mérhető szennyezettségéhez. Az egyes források által a receptornál okozott immissziót alapvetően fizikai összefüggések, a távolság, keveredés, áramlatok (víz, szél) határozzák meg.

A nem tökéletesen keveredő káros anyagok esetében a különböző szennyező források egységnyi mennyiségű emissziója eltérő mértékben növeli a receptornál kialakuló immissziót.

Azt, hogy mely kibocsátók emissziója érinti súlyosabban a befogadót és melyiké kevésbé, elméleti modellekkel és empirikus vizsgálatokkal is meg lehet közelíteni. Sok ismételt mérés alapján is becsülhető az egyes emissziós források és az immisszió közötti kapcsolat szorossága.

A szennyezés és a szennyezettség közötti összefüggés az átviteli együtthatóval írható le.



10.2. ábra A receptornál kialakuló szennyezettség és a szennyezőanyag kibocsátás kapcsolata

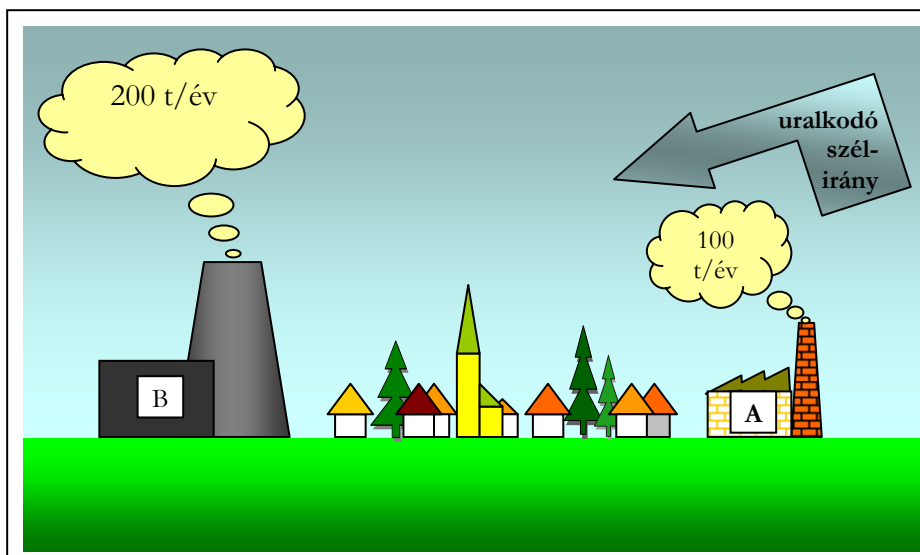
A 10.2. ábra jelöléseit felhasználva a következő összefüggést fogalmazhatjuk meg az emisszió (e) és az immisszió (i) között:

$$e * a = i \tag{10.1}$$

ahol a az átviteli együttható. Látható, hogy az átviteli együttható egy egyszerű arányszám, amelynek értéke függ az emisszió és az immisszió mértékegységétől. Az emisszió szokásos mértékegységei tömegmértékek (kg, tonna, stb.), az immisszió mértékegységei pedig sűrűség mértékek (mg/l, $\mu\text{g}/\text{m}^3$ vagy a már megismert ppm).

Ha egy adott receptornál jelentkező környezetszennyezés estén megállapítható, hogy több szennyező forrás együttes hatása okozza, akkor az átviteli együttható minden szennyező forrásra egyedileg jellemző, és többnyire egymástól eltérő.

Nézzünk erre egy egyszerű példát. Tekintsünk egy települést, amelynek levegőjét két üzem szennyezi kén-dioxiddal: az *A* vállalként jelölt téglagyár és a *B* vállalként jelölt erőmű. Mindkét vállalat kőszén tüzel a termelési folyamatban, ebből ered a kén-dioxid emisszió. Más SO_2 kibocsátó forrás nem hat a vizsgált befogóra. Mindkettő a település közelében van, de fekvésük, emissziójuk eltérő. Az alábbi ábra szemlélteti a helyzetet.



10.3. ábra Két szennyező forrás emissziójának hatása egy receptor immissziójára

A téglagyár kibocsátása 100 t/év, ami fele az erőmű kibocsátásának (200 t/év). A település levegőminősége szempontjából azonban mégis szennyezőbbnek tekinthető az *A* vállalat, mert kedvezőtlen fekvése miatt az év nagy részében jellemző szélirány a kibocsátott szennyezőanyag mennyiségének nagy részét a település felé teríti. Ugyanez a *B* vállalat szempontjából kedvező, mert az ő emissziója a széljárás miatt nem hat olyan mértékben a település SO_2 immissziójára. Ezért azt várjuk, hogy a téglagyár átviteli együtthatója nagyobb lesz, mint az erőműé. Azt viszont az átviteli együtthatók konkrét értékeinek ismerete nélkül nem tudjuk, hogy mekkora a településen kialakuló SO_2 immisszió. A szennyezettségért vajon inkább a nagyobb összkibocsátású vagy a kedvezőtlenebb fekvésű szennyező forrás a felelős?

A hatóság mérőműszereket állít fel a település néhány pontján és a kéményekben, melyekkel mérik a település levegőjében a SO_2 immisziót, a kéményekben pedig a két forrás SO_2 emisszióját. A kapott immisziós adatokból (pl. $\mu\text{g}/\text{m}^3$) és a két forrás emissziós adataiból (pl. $\text{kg}/\text{óra}$) kiszámítják az átviteli együtthatókat a következőképpen. Minden mérési alkalommal abból az összefüggésből indulnak ki, hogy az összes mért immiszió az A vállalat és a B vállalat által okozott immisziók összege, azaz:

$$\sum i = i_A + i_B \quad (10.2.)$$

Az egyes vállalatok által okozott immiszió pedig (10.1.) alapján:

$$e_A * a_A = i_A$$

$$e_B * a_B = i_B$$

Ezekből ismerjük minden mérési alkalomra $\sum i$ valamint e_A és e_B értékeit, vagyis sok mérési adatból kiszámíthatjuk a két üzem átlagos átviteli együtthatóit. Tegyük fel, hogy különböző mérések alkalmával eltérő emissziós és immisziós adatok alapján a hatóság azt az eredményt kapta, hogy a két vállalat adott receptorra értelmezett átviteli együtthatói:

$$a_A = 1,7$$

$$a_B = 0,8$$

Számoljuk ki, mekkora a két vállalat által okozott SO_2 immiszió ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), ha éves emissziójuk az ábra szerint éppen 100 illetve 200 t/év!

$$\sum i = i_A + i_B$$

$$\sum i = 100 * 1,7 + 200 * 0,8 = 170 + 160 = 330 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Vagyis hiába kétszerese az erőmű éves kibocsátása a téglagyárnak, még így is valamivel kisebb a hozzájárulása a településen kialakuló összes szennyezettséghez ($160 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mint a téglagyárnak ($170 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

10.2. A szennyezettség csökkentése

A település lakói a levegő minőségét javítani szeretnék, és a hatóság is köteles biztosítani a jogszabályban megállapított kén-dioxid **immisziós**

norma érvényesülését, amely $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$, vagyis a település levegőjének SO_2 tartalma nem lehet több mint 250 mikrogramm légköbméterenként. Tehát az **elhárítandó összes immisszió** mennyisége $330 - 250 = 80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Milyen elhárítási intézkedések lehetségesek?

Természetesen minden olyan intézkedés csökkenti az immissziót, amely csökkenti az emissziót (*ceteris paribus*). Ezeket példák segítségével részletesen tárgyaltuk a 9.2. fejezetben. Idézzük most fel a 9.2. fejezetben áttekintett szennyezés elhárítási lehetőségek utolsó esetét, a szennyezőanyagok koncentrációjának hígítását, amelyről megállapítottuk, hogy csak a nem-tökéletesen keveredő szennyezések esetén csökkenthetőek ily módon a környezeti károk, mivel hígításkor az összes kibocsátott káros anyag mennyisége nem változik. Az adott település SO_2 immissziójának mérséklése érdekében viszont most hasznos lehetne egy ilyen **passzív környezetvédelemnek** nevezhető intézkedés. Az egyik legegyszerűbb megoldás az lehet, ha a téglagyár kéményét magasítják. A magasítás révén a kéményből távozó szennyezőanyag mennyiség magasabb légrétegekben keveredik, és habár az uralkodó szélirány továbbra is a település felé sodorja a szennyezést, az a magasabb kémény révén így sokkal inkább felhígul. Ha jók a terjedési modellek és jól tervezik meg a kémény magasítást, akkor akár ennyivel is elérhető a kívánt immissziócsökkenés. Tegyük fel, hogy a kéménymagasítás utáni újabb mérések alapján azt kapja a hatóság, hogy az A vállalat átviteli együtthatója valóban lecsökkent:

$$a_A = 0,9$$

Hogyan változik a település kén-dioxid szennyezettsége - változatlan termelés, változatlan kéntartalmú szén égetése, változatlan SO_2 kibocsátás mellett - a kémény magasítás hatására? Hogyan alakul a két vállalat hozzájárulása a teljes immisszióhoz?

$$\sum i = i_A + i_B$$

$$\sum i = 100 * 0,9 + 200 * 0,8 = 90 + 160 = 250 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

A kémény tervezéséhez használt modellek jók voltak, a település kén-dioxid szennyezettsége az előírt norma szintjére csökken változatlan emissziók mellett. A magasított kéménnyel már érvényesül az a különbség, hogy a B vállalat sokkal több SO_2 -t bocsát ki: sokkal nagyobb lesz a tele-

pülési SO_2 immisszióhoz való hozzájárulása is ($160 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mint az \mathcal{A} vállalat által okozott immisszió ($90 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Az adott receptornál mért szennyezettség mérséklése nemcsak a szennyező források emissziójának csökkentésével, hanem az átviteli együtthatók csökkentésével is elérhető.

Az immissziós normák általában ennél összetettebbek, mert az egészségügyi, ökológiai és egyéb külső gazdasági hatások függnék egyrészt a tartós kitettség mértékétől, másrészt pedig a legnagyobb terheléstől. Tehát többnyire a receptornál megengedhető legnagyobb terhelést is szabályozzák, és a receptornál megengedhető legnagyobb átlagos alapterhelést is. A légszennyezőknek való tartós kitettség például krónikus betegségeket okozhat, a rendkívüli csúcsterhelések pedig azonnali akut megbetegedéseket. A mellékelt táblázatban a környezetvédelmi, egészségügyi és földművelési miniszterek által kiadott együttes rendeletben Győr városára megállapított immissziós normákat adjuk meg kén-dioxidra és nitrogén-dioxidra (14/2001. KöM-EüM-FVM együttes rendelet a légszennyezettségi határértékekről, a helyhez kötött légszennyező pontforrások kibocsátási határértékeiről).

Győr immissziós normái, 2006, $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
	órás	24 órás	éves
NO₂	100	85	40
SO₂	250	125	50

10.1. táblázat. Győr immissziós normái
(Forrás: 14/2001 KöM-EüM-FVM rendelet)

Látható, hogy a Győrben alapterhelésként elfogadható legnagyobb immisszió mindkét szennyező esetében jóval elmarad a maximum egyórás időtartamra megengedhető csúcsterhelési immissziótól. Éves átlagban tehát nem lehet több mint $50 \mu\text{g SO}_2$ a győri levegő köbméterében, *ennek betartása mellett* a legszennyezettebb időszakokban maximum $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lehet az immisszió órás átlaga. Vajon engedélyezhető-e környezetvédelmi szempontból, hogy egy új légszennyező üzem települjön Győrbe? Ehhez azt kellene tudnunk, hogy miként alakul Győr levegőminősége a két be-

mutatott szennyezőanyag tekintetében. Egy többször módosított környezetvédelmi jogszabály (4/2002. KvVM rendelet a légszennyezettségi agglomerációk és zónák kijelöléséről) megadja Győr besorolását aszerint, hogy a hatóság által mért immissziós értékek mennyire közelítik meg a norma által megengedett legnagyobb mértéket. Ez alapján történik az esetleges újabb szennyező források megítélése, így a vállalatok is tervezni tudnak Győr levegőjének további terhelhetőségével. Ennek a jogszabálynak a 2005-ben közölt értékei szerint Győr levegőminősége a kén-dioxid tekintetében jónak mondható, elvileg újabb SO₂ kibocsátók engedélyezhetők. Viszont a nitrogén-dioxid immissziós értékek legalább az egyik immissziós normát meghaladják, tehát újabb nagy NO₂ kibocsátó források már nem engedélyezhetők Győr városában, amíg a mérhető NO₂ immisszió le nem csökken. Az ipari eredetű NO_x szennyezések hatékonyan csökkenthetők egy szintig a tüzeléstechnika fejlesztésével, égőfejek cseréjével. Amennyiben ez már megtörtént, és a nitrogén-dioxid immisszió nagyrészt közlekedési eredetű, akkor nem várható gyors csökkenés, sőt az urbanizációval a NO_x lett a városi levegő egyik folyamatosan növekvő szennyezője. Van egy harmadik szennyezőanyag a győri levegőben, a talajközeli ózon, melynek immissziója még a NO₂ normatűlépésnél is durvábban sérti meg a határértékeket. Ezzel a „modern” nagyvárosi légszennyezővel később, a 12. fejezetben még foglalkozunk.

10.3. Határon áttérjedő savasodás

Végül térjünk vissza a két-szennyezős SO₂ immissziós történetünkhöz, ahol a téglagyár kéményének magasításával a környezetvédelmi probléma megoldódott. Vagy mégsem? A két vállalat még így is jelentős mennyiségű immissziót okoz a településnek, de emissziójuk nemcsak a települést érinti. A SO₂ ugyan rövid élettartamú, rövid távú, úgynevezett **short term szennyező**, mert egy éven belül távozik a légkörből, de addig jelentős területeken és nagy távolságokban okozhat savas csapadék képződést. Emiatt a kén-dioxid és a nitrogén-oxidok nemcsak helyi, hanem regionális szennyező hatással is bírnak.

A savas csapadék terjedésére és súlyos környezeti hatásaira Skandinávia hívta fel a figyelmet. Két szempontból is meghatározó fordulat volt. Az egyik, hogy a vizsgálatok kimutatták a savasodás mértékét, melyben a skandináv ökoszisztéma súlyosabban károsult, mint másol.

A gránit alapkőzeten kialakult skandináv talajok eleve savasabb kémhatásúak, ezért az enyhén savas pH érték további csökkenése már súlyos stresszt okozott. A természetes esővíz pH értéke 5,5 és 6 között mozog, az ennél alacsonyabb értékek már savas esőnek minősülnek. A mért savas esők akár pH 4 vagy pH 3 értéket is mutattak. Fontos, hogy a pH skála logaritmikus, a számok talán nem fejezik ki elég látványosan a különbséget. A pH 5-höz képest a pH 4 tízszer savasabb, a pH 3 pedig százszor savasabb esőt jelent!



10.4. ábra. Savas erdőpusztulás

Az Európában mért egyik legsavasabb eső nem Skandináviában, hanem Skóciában hullott alig pH 2,5-es értékkel, ami a háztartási ecetnél erősebb savat jelent. Világszerte az egyik legsavasabb feljegyzett eső az amerikai Virginiában esett 1,5-es pH értékkel! Ez savasabb kémhatás, mint a gyomorsav vagy a citromsav, közelíti az akkumulátor sav pH 1-es értékét.

A másik mérőföldkő a savasodás elleni küzdelemben, hogy Skandináviában elkészítették saját savas emisszióik és az elszennvedett savas csapadék mérlegét, és így derült ki, hogy a savasodást okozó kén-dioxid alig 3-5%-a származott skandináviai szennyező forrásokból. A légrétegekkel érkező kén-dioxid mintegy felének sikerült pontosabban azonosítani az eredetét (Németország, Egyesült Királyság), a többi nem azonosítható európai

forrásból származott. Így indult el a határon áttérjedő szennyezőanyagok elleni nemzetközi összefogás a 70-es évek végén, amelyet Európában a Göteborgi Jegyzőkönyv foglalt konkrét, országokra lebontott kibocsátás csökkentési vállalásokba a savasodást okozó anyagokra vonatkozóan. A nemzetközi egyezmények eredményeként ma már minden európai nagy kibocsátó ország fokozatosan csökkenő nemzeti kén-dioxid és nitrogén-oxid kibocsátási plafonokat érvényesít környezetvédelmi jogszabályaiban. Ezen kívül a nagy tüzelőberendezések füstgázának fajlagos károsanyag tartalmát is normákkal korlátozzák, és a motor üzemanyagok minőségi szabványait úgy változtatták meg, hogy a finomítókból kikerülő üzemanyagok kéntartalma néhány év alatt fokozatosan minimálisra csökkenjen.

Ennek ellenére a savasodás sem a fejlett ipari országokban, sem a fejlődőknél nem tekinthető megoldott vagy akár megoldás felé haladó környezeti problémának. A fajlagos kibocsátások javulása ellenére a növekvő energia fogyasztás miatt a savas kibocsátások növekedésére kell számítani a világ számos pontján.



III. RÉSZ

TERMÉSZETI ERŐFORRÁSOK

11. A természeti erőforrások gazdaságtana

Az első fejezetben láttuk, hogy a természet által nyújtott szolgáltatások az anyag és energia szolgáltatása, a szennyezés befogadása, és az életfeltételek biztosítása. Az életfeltételek biztosítása az ember mint biológiai lény számára elengedhetetlen, ezt a szolgáltatást tehát nem a gazdaság, hanem a társadalom egésze veszi igénybe. Hogy a gazdaság hogyan használja ki optimálisan a természet szennyezésbefogadó képességét, azt a szennyezés gazdaságtanáról szóló előző részben láthattuk. Ebben a részben a természet által nyújtott azon szolgáltatásról lesz szó, amely szerint anyagot és energiát mint erőforrásokat szolgáltat a gazdaság számára, melyeket a gazdaság inputként használ föl.

Természeti erőforrásoknak nevezzük mindazokat az anyagokat és energiaforrásokat, amelyek az emberiség számára a természetben rendelkezésre állnak.

A természeti erőforrások elsődleges termelési tényezők, melyek alapvetően nem gazdasági okból keletkeztek, azonban felhasználásuk mértéke a gazdasági folyamatokban határozódik meg. A természeti tényezők környezeti adottságként jelennek meg a gazdaság számára. A természeti erőforrásokat megújuló-képességük alapján szokták csoportosítani.

Megújuló természeti erőforrásoknak nevezzük azokat az erőforrásokat (anyag és energia), amelyek a természeti folyamatok által, emberi léptékkel nézve rövid idő alatt képesek újratermelődni, vagyis megújulni.

A megújuló természeti erőforrások (megújuló erőforrások) mennyisége folyamatosan újratermelődik, az ember által is érzékelhető ütemben. Ezáltal a természeti folyamatoknak köszönhetően az emberi felhasználás mellett is állandó lehet a mennyiségük, sőt növekedhet is, vagyis készletük folyamatosan változik.

A nem megújuló vagy más néven kimerülő természeti erőforrások mennyisége emberi léptékkal nézve nem újrateherelhető, ezért készletük véges.

A kimerülő erőforrások az ember által érzékelhető időn belül nem termelődnek újra, ezért mennyiségük nem növelhető, felhasználásukkal készleteik csökkennek, amely visszafordíthatatlan folyamatnak tekinthető. A rendelkezésre álló mennyiségük tehát adott pillanatban állandó.

A természeti erőforrások megújuló-képesség szerinti csoportosítása az erőforrások ökológiai tulajdonságain alapszik. Gazdasági szempontból igen fontos a természeti erőforrások másik jellemzője, a szűkösségük.

Szűkössnek nevezünk egy erőforrást, ha a rendelkezésre álló készletek nem elegendőek a szükségletek teljes kielégítéséhez.

Véges készletek esetében abszolút szűkösség áll fenn. A kimerülő erőforrásokra tehát általában az abszolút szűkösség a jellemző, azonban a szűkösséget enyhíthetik a következő tényezők:

- **A technika és a technológia** fejlődése által csökkenhet a fajlagos anyag és energiafelhasználás, vagyis a hatékonyság nő, így egységnyi termék előállításához kevesebb inputra van szükség. A technológiai fejlődés elősegíti, hogy a rosszabb minőségű erőforrás is használhatóvá válik, így az erőforrás készlete nőhet.
- A technológiai fejlődés elősegítheti a szűkös erőforrások **helyettesítését** is, hiszen újabb technológiával, más nyersanyagokkal kiváltható a szűkös erőforrás.
- Az újrahasznosítás jelentősen enyhítheti a szűkösséget, hiszen ezáltal az eredeti nyersanyag a gazdasági folyamatokon belül tartható, másodnyersanyagként felhasználható és így újabb erőforrás igénybevételének mértéke csökkenthető.

A réz az egyik legkorábban ismert és felhasznált fém. Korai felfedezését és használatát az tette lehetővé, hogy elemi állapotban is előfordul a természetben, és könnyen megmunkálható.



11.1. ábra. A réz

A réz használata igen széleskörű, kedvező tulajdonságainak köszönhetően. Jó elektromos vezetőképessége és forraszthatósága miatt gyakran alkalmaznak elektronikai alkatrészekben. Felületén zöldes színű patina (réz-oxid) keletkezik, ami megvédi az alatta levő rétegeket a további korróziótól, ezért csövek és lemezek készítésére is kiváló. A réz felhasználása a technológia fejlődésével sokat változott. Felhasználása a kábelek és vezetékek terén az üvegszál kábelek megjelenésével visszaszorult. Emellett a szűkösség következtében olyan lelőhelyek használatára is szükség van, ahol az érc réztartalma igen alacsony, világviszonylatban már a 0,36 % réztartalmú ércet is érdemes kitermelni. Ennek a kitermelésnek a költségei azonban igen magasak, ezért a réz újrahasznosítása egyre növekszik a szűkösségnek köszönhetően. A réz tökéletesen alkalmas az újrahasznosításra, mert 100%-ban újrafelhasználható, anélkül, hogy ez befolyásolná tulajdonságait. Az újrafelhasznált réz ugyanúgy 99,9%-os tisztaságú, és ugyanazon célokra használható, mint az ércből nyert fém. A réztermékek újrafelhasználásának energiaszükséglete mindössze negyede a rézércből nyert előállításának, ami a jelenleg használatos ércek alacsony réztartalmának is köszönhető. Emellett az alacsony réztartalom miatt a kitermelés jelentős mennyiségű mellékterméssel, meddővel jár, ami az újrafelhasználás előnyét tovább növeli. Napjainkban az évente a világon felhasznált 15 millió tonna réz mintegy 40%-a származik újrahasznosított anyagokból. Ez az újrahasznosítási arány egyéb nyersanyagokhoz képest is igen magasnak számít.

A szűkösség relatív, ha a szűkösség csak adott helyen és időpontban lép fel, vagyis a rendelkezésre álló erőforrás adott helyen és időpontban elegendően ahhoz, hogy kielégítse a szükségletet. **Relatív szűkösség** jellemezheti a megújuló erőforrásokat is, mint például az ivóvíz, amely ugyan meg-

újulni képes, de bizonyos időszakokban illetve egyes területeken szűkös erőforrás, máskor és máshol pedig mennyisége meghaladja a szükségletet. A relatív szűkösség fogalma alapján vannak olyan kimerülő erőforrások is, amelyek adott helyen vagy időpontban nem tekinthetők szűkösnek, annak ellenére, hogy mennyiségük véges. Ilyen például a már említett réz is, melynek újrahasznosítása miatt a rendelkezésre álló mennyiség meghaladhatja a szükségletet. A relatív szűkösség egyes példáit mutatja be a 11.1. táblázat

Erőforrás	Szűkös	Nem szűkös
Nem megújuló	Fosszilis energia-hordozók	Réz
Korlátlanul megújuló	Víz	Napenergia
Korlátozottan megújuló	Vadállomány	Levegő

11.1. táblázat Az erőforrások relatív szűkössége és megújíthatósága
(Szakál, 2003 alapján)

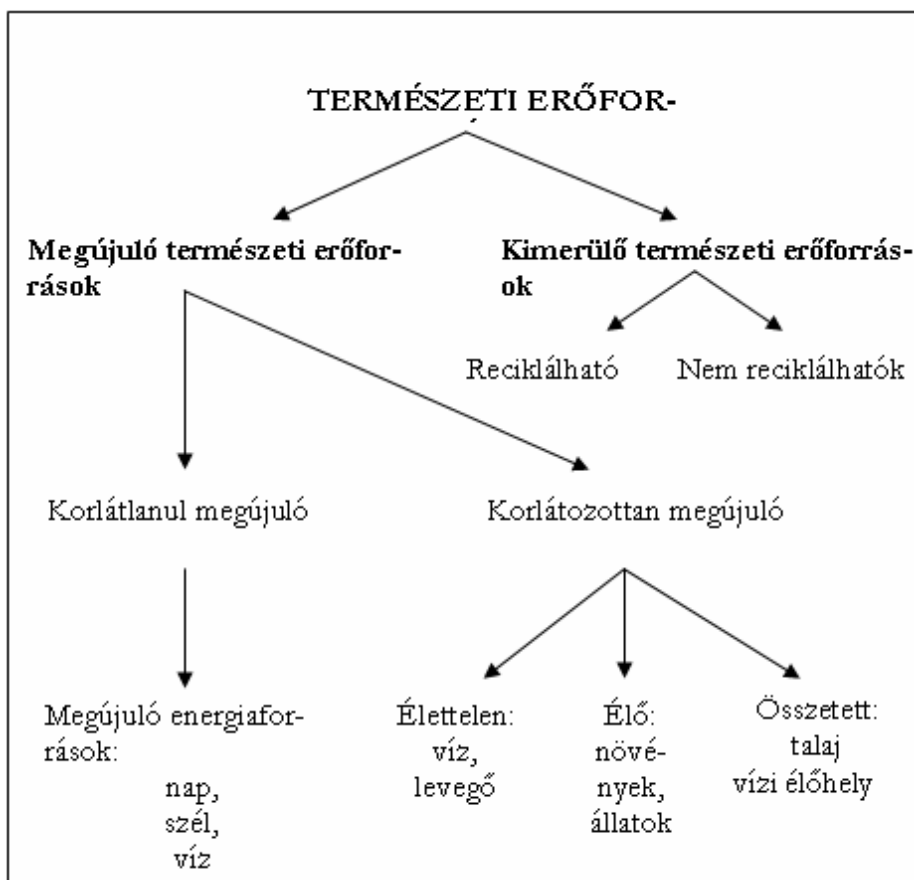
Gazdasági szempontból az erőforrások másik tulajdonsága, a **tárolhatóság** is fontos szerepet játszik. A rosszul, vagy egyáltalán nem tárolható erőforrások felhasználását azok rendelkezésre állása szabályozza. Ennek példája a szél vagy a napenergia hasznosítása. A szél és napenergia hasznosítása akkor vet fel problémákat, amikor elektromos áramot állítanak elő a segítségükkel, mert az elektromos áram a jelenlegi technológiai megoldásokkal nem, illetve gazdaságosan nem tárolható. A hőenergia előállításával már más a helyzet. Különböző hőcserélő rendszerek alkalmazásával a hőenergia bizonyos időtávon tárolható, és gazdaságosan felhasználható valamely későbbi időpontban.

A napenergia tárolásának legtökéletesebb módja a fotoszintetizáló növényi szervezeteké, melyek ezt az energiát kémiai energiává képesek átalakítani klorofill segítségével.

A tárolható erőforrások hasznosításának ütemezését egyértelműen a kereslet határozhatja meg. Jól tárolható erőforrások a megújulók között is akadnak. Ilyen a biomassza, a vízenergia és a geotermikus energia. A kimerülő erőforrások általában mind jól tárolhatók.

12. Megújuló természeti erőforrások

A megújuló természeti erőforrások közé a globális körforgások révén megújuló környezeti elemek (víz, talaj, levegő) és a biológiai növekedés révén megújuló állat- és növénypopulációk (pl. halállomány, faállomány) tartoznak. Megújuló-képességük alapján a megújuló természeti erőforrások tovább csoportosíthatók korlátlanul és korlátozottan megújuló csoportokba. A 12.1. ábra a természeti erőforrások csoportosítását mutatja be.



12.1. ábra A természeti erőforrások csoportosítása
(Szakál, 2003 alapján)

12.1. Korlátlanul megújuló természeti erőforrások

Egy erőforrás korlátlanul megújuló, ha a mennyisége független az emberi felhasználás mértékétől, és állománya korlátlannak tekinthető.

Korlátlanul megújuló természeti erőforrásnak tekinthető a megújuló energiaforrások legnagyobb része, mivel alapvetően a nap energiájának közvetlen vagy közvetett megjelenési formái.

A Földön szinte minden energiaforrás a Naptól származik. Ez alól három kivételt említhetünk: a nukleáris, a geotermikus és az árapály energiát. A maghasadáson alapuló nukleáris energia nem tekinthető megújulónak, mivel működéséhez ásványi ércre, dúsított uránra van szükség. A geotermikus energia a Föld magjából származó gravitációs és nukleáris energiákból táplálkozik. Az árapály energia pedig a Hold tömegének a nagy földi víztömegekre gyakorolt gravitációs hatásából nyerhető energiaforrás. Az összes többi földi energiaforrás eredete a Nap. Ezek közül az emberiség szempontjából egyesek megújulónak tekinthetőek, mások nem. A Nap energiáját tárolják a fosszilis energiahordozók, amelyek sok százmillió éve élt élőlények szerves anyagainak oxigénmentes környezetben lebomló és geológiai rétegekben felhalmozódó maradványai. Ezek mind a fotoszintézis révén megkötött napenergiából származnak. A fosszilis energia zárványok képződése geológiai ütemben történik, ezért emberi léptékkal mérve a fosszilis energia mennyiség készlete végesnek tekinthető. Habár a napenergia folyamatosan végtelen mennyiségben árad a Földre, mégis az emberiség összes energiafogyasztásának már csak kevesebb mint negyede megújuló energia, az ipari forradalom óta dominál a fosszilis energiák használata.

A korlátlanul rendelkezésre álló erőforrások felhasználása esetén az erőforrás előállításának nincsen költsége, azonban a hasznosításhoz szükséges eszközök jelentős befektetést igényelnek. Az ilyen típusú megújuló erőforrások gazdaságossága tehát a befektetés gazdasági megítélésén múlik. A megújuló energiák használatának jelenlegi fajlagos költségei többnyire magasabbak, mint más energia-előállítási költségek, amelynek egyik oka, hogy a technológia kevésbé elterjedt, ezért a méretgazdaságosság jelenleg nem kihasználható.

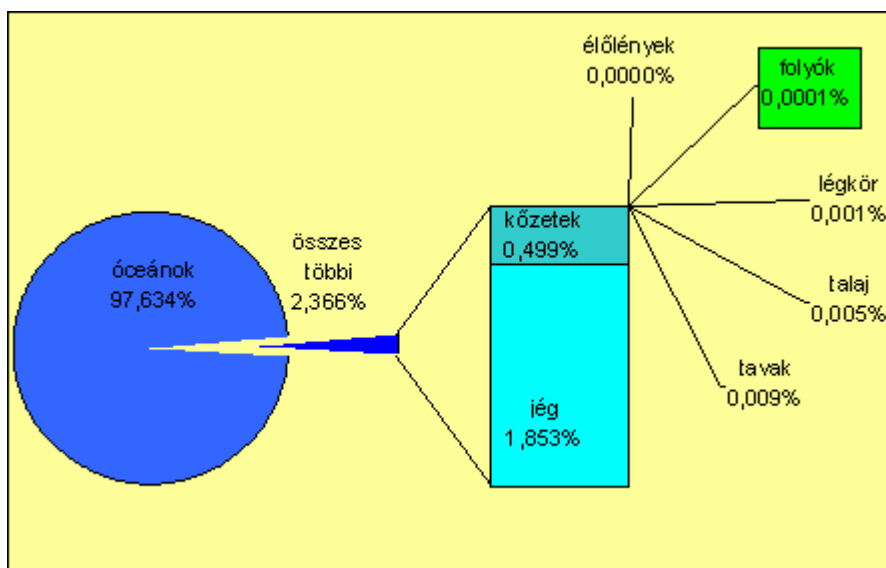
A **napenergia** számos megújuló energiahordozóban jelenik meg. Folyamatosan megújul maga a napsugárzás. Minden nap annyi napenergia érkezik a Földre, amennyi az emberiség mai energiafogyasztási szintje mellett több mint 5 évre lenne elegendő. Ez a leginkább kihasználatlan és legnagyobb gazdasági potenciált rejtő megújuló energiaforrás. Jelenleg mégsem közvetlenül napenergia formájában hasznosítjuk a legtöbb megújuló energia mennyiséget. A legelterjedtebb megújuló energiahordozók **biomassza** néven csoportosíthatók. Ide tartoznak a biológiailag lebontható szerves anyagok, elsősorban a mezőgazdasági és erdészeti termékek és hulladékok, melyek mind közvetlenül vagy közvetve a fotoszintézis révén megkötött napaenergiát hordozzák. A világ energiafogyasztásának kb. 5%-át teszi ki a fa felhasználása, melynek csak a fele erdei tűzifa, a többi nem erdőkből, hanem ültetvényekből származik. Még további 12-13%-ot tesznek ki a mezőgazdasági termékek és hulladékok és az állati igaerő. A biomassza eredetű energiahordozók minden szerepben megfelelően helyettesíthetik a fosszilis energiahordozókat. Alkalmask önálló vagy vegyes szilárd tüzelésre (pl faapríték, fapellet), biogáz fejlesztésre (állati és növényi hulladékból a földgázhoz hasonlóan hasznosítható metán termelésére) és folyékony üzemanyag termelésre (pl. cukornádból, kukoricából bio-etanol a motorbenzin helyettesítésére).



12.2. ábra. Bio-dízel töltő állomás

Szintén jelentős a **vízenergia** hasznosítása, amely a csapadékokat a tengerek felé vezető felszíni vízfolyások helyzeti energiájából nyerhető. A víz globális körforgása szintén a napenergia megjelenési formája. Óriási mennyiségű víz mozog a folyamatban, de a folyók vízmennyisége eltörpül a teljes víztömeghez képest (lásd mellékelt ábra), és a folyók vízenergiájának

is csak töredéke hasznosítható. Tehát véges mennyiség folyamatos megújulásáról van szó. A világ összes energiafogyasztásának alig több mint 2%-át adja a vízerőművekből származó villamos energia – a villamos energia fogyasztásnak a 19%-át. Becslések szerint ez kb. harmada a gazdaságosan kitermelhető összes vízenergiának, vagyis még mintegy 20 ezer kisebb és közepes méretű, környezetbarát vízerőmű lenne építhető a maiak mellett (WEC, 2006).



12.3. ábra. A folyók vízmennyisége a teljes vízkészlethez képest

A világ összes energia fogyasztásának mintegy másfél százaléka származik **szélenergia** hasznosításából, melynek becsült gazdasági potenciálja is jóval elmarad az előzőek mögött. A szélenergia az egyenlőtlenül melegedő légtömegek mozgásának energiája, és legkedvezőbbben a nyílt tengereken hasznosítható. A technológiai fejlődés révén egyre hasznosabb kiegészítője lehet az energia rendszereknek. (WEC 2006)

A vízerőmű környezetében jelentős vízgazdálkodási-ökológiai problémákat okozhat. Ennek ellenére a vízenergiát általában korlátlanul megújuló erőforrásnak tekintik.

Magyarországon a vízenergiának nincsen túl jó felhangja a környezetvédők körében, hiába tekinthető megújuló energiaforrásnak. Ennek oka a Bős-Nagymarosi vízlépcső-rendszer, amelynek megvalósítása esetén jelentős ökológiai károkat idézett volna elő a Szigetközben és a Csallóközben. A beruházás eredeti formájában ugyan nem valósult meg, de a szlovák fél által megépített vízlépcső és a Duna elterelése most is hátrányosan érinti ezeket a területeket, hiszen a Duna vízének elterelése miatt a magyar szakaszon több mint 40 fkm hosszúságban a vízmennyiség jelentősen csökkent. Nézzük milyen ökológiai hatásai lettek volna az eredetileg tervezett vízlépcsőrendszernek. Az alábbi idézet a potenciális problémákat mutatja be.

„A vízlépcsők a folyó. természetes életének teljes átalakítását jelentik, alapvető változásokat hoznak a fizikai adottságokban (vízsebesség, hordalék- szállítás, átlátszóság, hőmérséklet, jégviszonyok stb.) és ezek révén a kémiai, biológiai folyamatokban is. A fenti változások következményeikben nagyon súlyos ökológiai problémákhoz vezethetnek. A vízlépcső esetében a következő gondok merülnek fel: az áramlási viszonyok megváltozásának hatásai. A duzzasztás következményei a tározókban : a) a víz áramlási sebességének csökkenése; b) az üledék- lerakódás fokozódása; c) talajvízszint-emelkedés az Öreg-Duna elhagyott medrében és a Szigetközben. Csallóközben a vízpótlás csökkenés következtében A) az árterek nedvességének csökkenése; B) talajvízszint-csökkenés. (...) Az ökológiai előrejelzések szerint az erőműrendszer káros következményei a legtöbb esetben visszafordíthatatlanok.(...) Az élőhal-tömeg 80%-kal csökkenhet. Az építkezés következtében összesen mintegy 56 000 ha mezőgazdaságilag értékes területet vonnak ki a termelésből. (...) Az ártéri ökoszisztémák életközösségei visszavonhatatlanul megváltoznak. A hidrodinamikai és biogeokémiai folyamatok és a vízminőség romlása miatt a természetes életközösség mintázata eltolódik, a biológiai, genetikai diverzitás csökken és veszélybe kerül, eltűnik az ország egyik legjelentősebb nedves területe. (...) A beruházás legsúlyosabb problémája a térség ivóvíz- készleteinek kockáztatása.(...)”

A fenti megfontolások vezették a magyar kormányt az építkezés magyarországi szakaszának teljes leállítására és a nemzetközi szerződés felmondására.”

Forrás: Környezetvédelmi Lexikon

12.2. Korlátozottan megújuló természeti erőforrások

Korlátozottan megújuló természeti erőforrásoknak az erőforrás reprodukciójához szükség van egy bizonyos időtartamra, ez az idő emberi léptékkal mérhető. Ezek az erőforrások nem állnak korlátlanul rendelkezésre, és állományuk mérete folyamatosan változik. Emberi beavatkozással a megújuláshoz szükséges feltételek befolyásolhatók, ezáltal állományuk növelhető is, de túlhasználat vagy a megújulási képesség korlátozása esetén ezek az erőforrások kimerülővé is válhatnak.

A fenntartható fejlődés követelménye (ahogy az 1. fejezetben láthatuk), hogy a megújuló erőforrásokat csak a megújulás üteménél kisebb mértékben szabad felhasználni. Ha ezt a követelményt nem tarjuk be, az erőforrás elveszti regenerációs képességét és könnyen el is tűnhet. Erre mind az élettelen, mind pedig az élő erőforrások esetén látunk majd példákat a következőkben.

A korlátozottan megújuló erőforrások egyik alapvető csoportja, mint ahogy a 12.1. ábra mutatja, az élettelen környezeti elemek, mint a levegő és a víz. A **levegő**, mint természeti erőforrás mennyisége korlátlanul áll a rendelkezésünkre, és használatával mennyisége sem csökken. Megújíthatóságának korlátozottsága az öntisztuló képességében rejlik, vagyis a tiszta levegő csak úgy őrizhető meg természeti erőforrásként, ha a levegőszennyező anyagok kibocsátásának üteme és mennyisége nem nagyobb, mint a légkör szennyezés-asszimiláló képessége. Ellenkező esetben a szennyezőanyagok felhalmozódása következik be a légkörben. Ez a rövid tartózkodási idejű és hosszú tartózkodási idejű szennyezőkre is érvényes. A rövid tartózkodási idejű (short term) levegőszennyezők felhalmozódását a légkörben szmognak nevezzük. Szmog a kedvezőtlen meteorológiai és szennyezési körülmények összjátéka folytán kialakult füstköd. Az elnevezés a *smoke* (füst) és a *fog* (köd) angol szavak összevonásából jött létre, és a szmog egyik megjelenési formájára, a londoni típusú szmogra utal.

A levegő öntisztuló képességét az alsó légkörben a hőmérséklet alakulása segíti elő. A légkör legalsó rétegének nevezett troposzférában a magasság emelkedésével a hőmérséklet csökken, kilométerenként 6,5 Celsius fokot, így a felszín közeli meleg levegő, amely könnyebb, mint a hideg levegő, felfelé száll, és így magával viszi az ember által kibocsátott szennyezőanyagokat is.



12.4. ábra. Fotokémiai szmog Denver felett

A **szmog**, vagy más néven füstköd kialakulása egy légköri jelenségnek, az inverziónak köszönhető. Az **inverzió** a légkör olyan rétege, amelyben a levegő hőmérséklete a magassággal növekszik, ami fordított helyzet, mint ami a troposzférát alapvetően jellemzi. Vagyis a magasság növekedésével a levegő hőmérsékletének csökkenése az inverziós rétegben megszűnik, majd megfordul. Ezért a természetestől eltérően viszonylag kis magasságban melegebb légréteg kerül a hidegebb fölé. Ennek eredményeképpen a szennyeződéseket tartalmazó hidegebb levegő nem tud felszállni, és eltávozni az alsó légkörből, így a „füstköd” lent reked a városban, ahol a szennyezőanyagok további feldúsulása következik be.

A szmognak alapvetően két fajtáját szokták megkülönböztetni, az egyik a londoni, a másik a los angelesi típusú szmog. A **londoni szmog** általában téli reggeleken alakul ki, amikor az idő borús és felhős, így a napsugár nem tudja felmelegíteni az éjszaka lehűlt talaj közeli levegőt, csak a felhők fölötti réteget. Ezáltal áll elő az inverzió, vagyis a talaj közelében a levegő hőmérséklete alacsonyabb lesz, mint a felhőréteg fölötti levegőé, ezért ez a legalsó légréteg nem tud felszállni mindaddig, ameddig ez az állapot meg nem szűnik. Ilyenkor a város levegőjében az évszakra jellemző fűtésből származó szennyezők dúsulnak fel, mint a kén-dioxid (SO_2), a szén-monoxid (CO) és a korom. A helyzetet az segíthet, ha feloszlanak a felhők, és végre kisüt a nap. Ezt természetesen elősegítheti a széljárás is. A **los angelesi szmog** ettől eltérően nyáron, meleg napsütéses időben alakul ki, és a londonitól eltérően nem reggel, hanem a déli órákban. Addigra a város levegőjében feldúsulnak a közlekedésből származó szennyezőanyagok, és elkezdenek felfelé szállni. Az erős napsütés azonban ún. *fotokémiai reakcióra* készíti ezeket a szennyezőket, és ez a reakció további hőtermeléssel jár. Ez felmelegíti a felsőbb légréteget és máris kész az inverzió, hiszen a fotokémiai reakció melegebb légréteg kialakulását idézte elő a város

felett. A városban termelődő újabb szennyezőanyagokkal teli levegő tehát nem tud magasabbra szállni, sőt, utánpótlást jelent a fotokémiai reakcióhoz, ami állandósítja a szmogos állapotot. A probléma megoldását itt a napsütés enyhülése hozhatja, vagyis a szmog az esti órákban fog megszűnni, amikor lemegy a nap. Ebben a szmogban főként a kipufogó gázokból származó anyagok játszanak szerepet, mint a nitrogén-oxidok (NO_x) és a szénhidrogének, valamint a közben létrejövő másodlagos szennyező, a talajközeli ózon (O_3). A modern nagyvárosokra általában a los angelesi, vagy más néven fotokémiai szmog jellemző.

A rövid tartózkodási idejű szennyezők azonban kevesebb, mint egy év alatt kiürülnek a légkörből. Ennél súlyosabb a helyzet a hosszú tartózkodási idejű szennyezők kibocsátása esetén, amelyek akár évszázadokig is a Föld légkörében maradnak és ott felhalmozódva globális problémákat okoznak. Ha az emberiség fejlődése fenntartható lenne, akkor addig nem bocsátanánk ki újabb szennyezőket, ameddig a jelenlegi mennyiség el nem tűnik a levegőből, vagyis mostantól legalább pár száz évig. A legaggasztóbb hosszú távú szennyezők az üvegházhatású gázok és az ózonkárosító anyagok. A téma tárgyalását lásd A szén-dioxid és a globális felmelegedés című fejezetben.

A **víz**, mint természeti erőforrás megújuló képességét nem csak az öntisztuló képessége, hanem az újratermelődés korlátai is befolyásolják. A víz egy igen speciális erőforrás olyan tekintetben, hogy helyzetét a mennyisége és a minősége egyaránt meghatározza. A víz szűkös erőforrás, mert a rendelkezésre álló vízmennyiség korlátos. A Föld teljes vízkészletének mindössze 2,6%-a édesvíz, és 0,3%-a ivóvíz. Az ivóvízkészletek megújulását a Föld globális vízkörforgása biztosítja. A vízre a relatív szűkösség jellemző, hiszen egyes országokban folyamatos vízhiány tapasztalható, míg más területekre éppen ennek az ellenkezője jellemző. A víz körforgását mutatja be a 12.5. ábra.



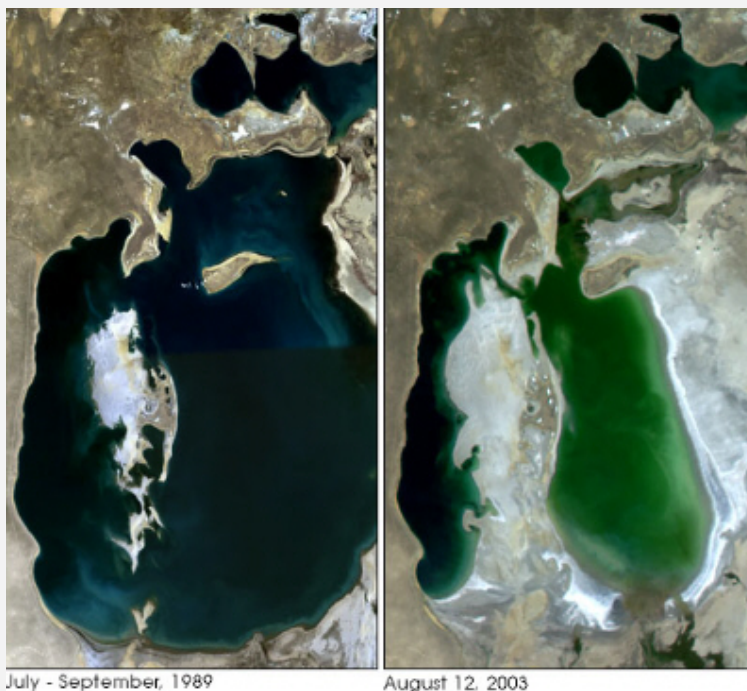
12.5. ábra A víz globális körforgása

Forrás: John M. Evans, USGS, Colorado District, magyar fordítás: Csiffáry Nóra, KvVM (<http://ga.water.usgs.gov/edu/watercyclehungarianhi.html>)

A körforgásba való nagy mértékű beavatkozás veszélyezteti az emberiség ivóvízkészleteit. A vízkészletek szűkösségét, mennyiségi korlátait és az emberi tevékenység hatásait jól szemlélteti az Aral-tó tragédiája. Így válhat egy megújuló erőforrás semmivé.

Az Aral-tó a világ negyedik legnagyobb tava volt. Sajnos csak múlt időben. Az emberi tevékenység hatására ugyanis területe harmadára zsugorodott az elmúlt negyven év alatt. A tó vizét két jelentős folyó, az Amu-darja és a Szír-darja táplálta. A folyók mentén azonban a Szovjetunió vezetése gyapotültetvényeket álmodott és valósított meg. A termesztés jelentős vízkivétellel jár, és a helyzetet tovább súlyosbítja, hogy a sivatagban vájt csatornákon további jelentős vízmennyiség szivárog és párolog el, így a tavat már csak időszakosan éri el a folyók. Az eredmény: az egykor virágzó halászat és hajózás helyébe kietlen sivatag és mérgező porfelhő adatik meg a helyieknek. A tó helyén ugyanis egy sivatag található, ahol a gyapottermesztésnél használt kemikáliákat tartalmazó sós homokot viszi a szél. A környéken kiemelkedő a rákos megbetegedések, főként a nyelőcső-

rákosok száma. A szovjet gyakorlaton azonban jelenleg sem igyekszik változtatni az üzbég kormány, bár a környezeti és humán katasztrófa mostmár nem kérdéses.



12.6. ábra Az Aral-tó múltja (1989) és jelene (2003)
(Forrás: National Geographic, <http://www.geographic.hu>)

A víz megújulóképességének másik fontos kérdése a vizek minősége. A víz megújulása érdekében a víz szennyezése nem haladhatja meg annak öntisztulóképességét. A víz nem csak erőforrás az ember számára, hanem a vízi élőlények élőhelye is. A túlzott mértékű szennyezés által a víz azáltal is elveszítheti öntisztulóképességét, hogy a benne élő szervezetek elpusztulnak, de ugyanilyen hatást ér el az emberi tevékenység, ha ezeknek az élőlényeknek az élőhelyét teszi tönkre.

A korlátozottan megújuló erőforrások másik csoportját az **összetett erőforrások** jelentik, amelyek mind élő, mind élettelen komponenseket tartalmaznak. Ezek az összetett erőforrások élőhelyeket jelentenek, mint a talaj, vagy a vizes élőhelyek stb. Megújulóképességüket az öntisztuló

folyamataik és az élő szervezetek reprodukciója biztosítja. Mennyiségük szűkös erőforrás, azonban emberi beavatkozással minőségük javítható, és mennyiségük növelhető is. A túlhasználat azonban itt is végzetes lehet.

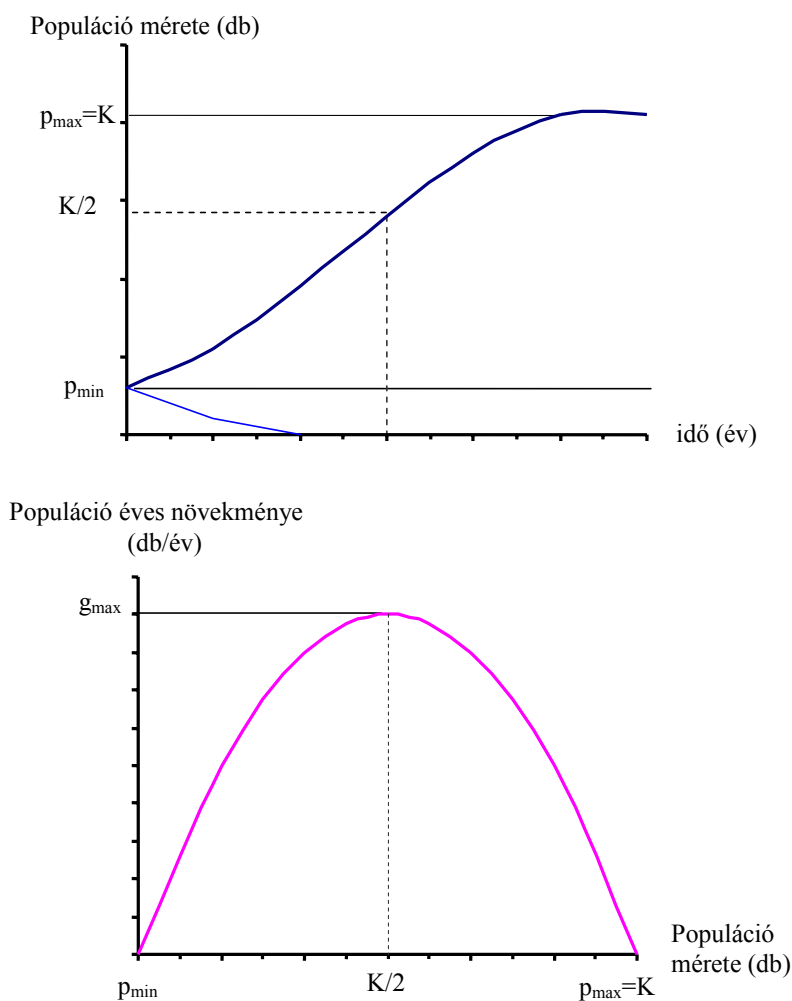
A **talaj** is szűkös erőforrás, korlátozott mennyiségben áll rendelkezésünkre, mennyisége nem növelhető, azonban minősége javítható. A talajok kimeríthetőek, intenzív használatuk esetén szükséges a megfelelő tápanyagutánpótlás. A talaj olyan természeti erőforrás, amely az élővilággal szoros kapcsolatban és kölcsönhatásban van, és biztosítja az anyagok zavartalan körforgását.

A talaj mint természeti erőforrás rengeteg funkcióval bír. Egyrészt életteret biztosít a benne élő szervezeteknek, és mint ilyen, a mezőgazdasági növényeknek is. Ezáltal termőhelyet jelent az élelmiszer, takarmány, ipari nyersanyag termelése számára. Kétségtelen, hogy a biodiverzitás nélkülözhetetlen eleme. A növények számára raktározza a vizet és a tápanyagokat. Ezen kívül nagyon fontos szerepe van az anyag- és energiaforgalomban, főként a víz, a nitrogén, a szén és az oxigén körforgásában. Szűrőként védi a felszín alatti vizeket a szennyeződéstől. Sőt mi több, még történelmi örökségek hordozója is!

A korlátozottan megújuló erőforrások harmadik csoportja az **élő szervezetek**. Ide tartoznak a élővilág minden teremtményei, de gazdasági szempontból legfontosabbak az **állat- és növényfajok**. Ennek az erőforrásnak a mérete folyamatosan változik, és az emberi tevékenység által bizonyos körülmények között növelhető is. De a biomassa mint erőforrás is kimerülhet a reprodukciós képességet meghaladó túlzott használat vagy élőhelyet érő beavatkozás miatt pl. halfajok összeomlása túlhalászat miatt a nemzetközi vizeken, túlzott fakitermelés az ókori mediterráneumban stb.

Az állat- és növénypopulációk tehát szintén megújulni képes természeti erőforrások. Kedvező természeti környezetben a populáció a lehető legnagyobb méretűre növekszik. A populáció méretének változását egy logisztikus növekedési függvénnyel írhatjuk le. A populáció éves növekedése az állomány létszámának változása egy év alatt. A kezdeti időszakban a bőségesen rendelkezésre álló táplálék és terület hatására a populáció nagy mértékű szaporodásnak indul, ám ahogy nő az állomány, egyre nagyobb a versengés a térért és a táplálékért. Az állománysűrűség növekedése egy területen azt is eredményezi, hogy könnyebben terjednek a betegségek is.

Így a populáció nem tud a végtelenségig növekedni, mert van a területnek egy eltartóképessége, vagyis a populáció méretének egy felső határa, amely a területen még képes életben maradni, és reprodukálódni. Azonban, ha a létszám eléri az eltartóképesség határát, az állomány már nem képes tovább növekedni, vagyis ettől kezdve az éves növekedés nulla lesz, tehát a populációban az elhullottak száma és az éves életben maradt utódok száma megegyezik egymással. Ezt az összefüggést mutatja be a 12.7. ábra.



12.7. ábra A populáció mérete az idő függvényében és a biológiai növekedési görbe

Az első diagramon a populáció méretének alakulása látható az időben. A függvény nem a nulla pontból indul, mert létezik egy minimális létszám (p_{min}), amely alatt a populáció mérete nem fog növekedni, hanem csökken. Ha a populáció egyedszáma e kritikus érték alá csökken, akkor már nem képes a megújulásra és a növekedésre, és előbb-utóbb ki fog pusztulni, vagyis a populáció mérete nulla lesz. Ennek oka, hogy alacsony egyedszám esetén a csoport már sem térben, sem genetikailag nem képez szaporodási közösséget, ezért ki fog halni. Ez jelenti a megújuló erőforrás megújuló-képességének egyik korlátját. A populáció méretének felső korlátját a terület eltartóképessége jelenti, amelyet K -val jelöltünk. A maximális létszám pedig p_{max} , amely így megegyezik az eltartóképességgel, vagyis

$$K = p_{max}$$

Látható, hogy az állomány egy idő után eléri a felső határt és ezen a szinten állandósul a mérete, a görbe hozzásimul az eltartóképességet jelentő vízszintes egyeneshez.

A modell matematikailag egyszerű és a valóságot jól tükrözi, azonban vannak hiányosságai. A populáció mérete nem stabilizálódik ennyire tökéletesen a maximumban, hanem hol túllépi a határt, hol pedig alá csökken. A környezet eltartóképessége sem állandó, hanem folyamatos kölcsönhatásban van a populációval, vagyis ez sem lehet vízszintes egyenes, hanem a populáció hatására változik.

A második diagrammon a növekedés ütemét (g), vagyis az első ábrán egy év alatt bekövetkezett változásokat ábrázoltuk a populáció méretének függvényében. Ez a biológiai növekedési görbe, amely világosan ábrázolja a biológiai növekedési törvényt.

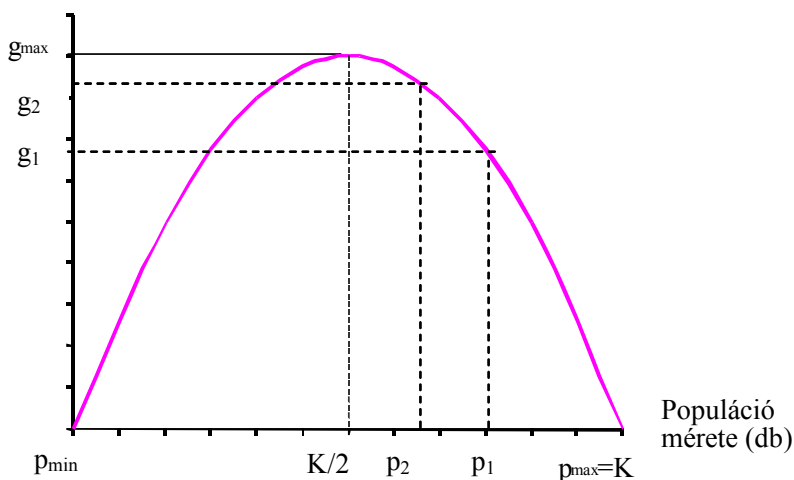
A biológiai növekedési törvény szerint egy adott populáció növekedését a populáció mérete és a környezet eltartóképessége határozza meg.

Az ábrázolásnál az egyszerűség kedvéért ezúttal eltekintettünk attól a megfigyeléstől, hogy a növekedéshez szükséges populáció méret nullánál nagyobb. Láthatjuk, hogy a biológiai növekedés kiinduló egyedszáma p_{min} , hiszen ez alatt nincsen növekedés. A növekedés üteme pedig a p_{max} -nál ismét nulla lesz, hiszen ekkor a populáció eléri az eltartóképességhez tar-

tozó maximális populáció méretet, amely szinten azután stabilizálódik, ezért az éves növekmény ettől kezdve nulla körül ingadozik. A legnagyobb éves növekedést (g_{max}) a populáció az eltartóképesség felénél, vagyis $K/2$ -nél mutatja.

Nézzük, mit jelent ez a törvény a kitermelésre nézve! Elsődleges szabály, ha a populációt hosszú távon is hasznosítani szeretnénk, hogy az egyedszám ne csökkenjen a minimális méret (p_{min}) alá. Emellett természetesen a lehető legnagyobb hozamra törekszünk. A populáció mérete, mint láttuk, az emberi beavatkozás nélkül a maximális létszámon fog stabilizálódni.

Populáció éves növekménye (db/év)



12.8. ábra Populáció méretének változása a kitermelés hatására

A maximális létszámú állományból bármennyit termelünk is ki, a populáció mérete le fog csökkenni, hiszen az éves növekmény eddig nulla volt, így nem pótolhatta a kitermelt mennyiséget. Ebben az esetben most p_1 nagyságú állománnyal van dolgunk, melynek természetes éves növekménye g_1 .

1. Ha a populáció mérete p_1 és az éves növekménynél, g_1 -nél nagyobb mennyiséget termelünk ki, a populáció mérete tovább csökken, mondjuk p_2 -re, viszont így az éves szaporulat is nő g_1 -ről, g_2 -re. Ez mindad-

dig igaz, ameddig a létszám el nem éri $\frac{K}{2}$ értéket. Ettől a ponttól a g -nél nagyobb kitermelés tovább csökkenti a létszámot, azonban már az éves növekmény is csökkenni fog. Így akár p_{min} szintre is zuhanhat az állomány, amely már a populáció kihalásához vezet.

2. Ha azonban p_t szinten az éves növekménynél kisebb mennyiséget termelünk ki, akkor a populáció mérete nőni fog, az éves növekmény pedig csökkenni.

Az első esetben tehát a kitermelt mennyiség több, a második esetben pedig kevesebb, mint ami az adott körülmények között fenntartható módon elérhető.

A biológiailag megújuló erőforrások fenntartható használatát úgy értelmezhetjük, hogy minden populáció mérethez tartozik egy olyan időegység alatt kitermelhető hozam, amely éppen egyenlő az adott populáció mérethez tartozó, időegységre jutó természetes növekménnyel.

Mindebből az következik, hogy a populáció méretét akkor tudjuk hosszú távon is megővni és a lehető legnagyobb hozamot elérni, ha minden évben az adott évi növekménynek (g) megfelelő mennyiséget termelünk ki. Ezt nevezzük fenntartható hozamnak (H).

A fenntartható hozam megegyezik a populáció éves növekményével ($H=g$).

Az ábránkon a fenntartható hozamunk akkor lesz maximális, amikor az állomány a legnagyobb növekményt képes adott évben elérni, ekkor pedig a populáció mérete éppen az eltartóképesség fele ($\frac{K}{2}$).

A maximális fenntartható hozamhoz tartozó populációméret $\frac{K}{2}$, vagyis az eltartóképesség (K) által meghatározott maximális populációméret (p_{max}) fele.

Ennek ellenére csak nagyon speciális gazdasági környezetben lesz a kitermelés optimuma egyenlő a fenntartható maximális hozammal, hiszen az

optimum megállapításához a kitermelés költségeit és a termék értékesítéséből származó bevételeket is figyelembe kell venni. A kitermelés gazdasági optimumának tárgyalása meghaladja ennek a kurzusnak a kereteit.

A földön élő fajokat nem csak a túlhasználát, vagyis a túlzott mértékű vadászat vagy halászat veszélyezteti. A biodiverzitás, vagyis a fajok sokszínűsége a Földön az emberi tevékenység hatására csökken. A csökkenés mértéke igen nehezen becsülhető, hiszen még a fajok számát sem ismerjük pontosan, és az sem megállapítható, hogy egy faj eltűnése az ökoszisztémából milyen más fajok pusztulását vonja maga után. Néhány példa arra, hogy az emberi tevékenység miképpen idézheti elő a fajok számának csökkenését:

1. az élőhely elpusztítása vagy ember általi zavarása,
2. környezetszennyezés,
3. élőhelyek elszigetelése, genetikai keveredés csökkentése,
4. idegen növények és állatok betelepítése, elháziasodás,
5. vadászat, halászat, kereskedelem.

Ennek hatására fajok ezrei tűnnek el évente, a megmaradók pedig egyre kisebb élettérre szorulnak vissza, és genetikai változatosságuk is csökken.



12.9. ábra. Jégmadár

13. Kimerülő természeti erőforrások

A kimerülő természeti erőforrások, mint azt már korábban bemutattuk, keletkezési üteme olyan lassú, hogy az emberi társadalmak szempontjából zérónak tekinthető. A természeti erőforrások csoportosítása című 12.1. ábra bemutatja, hogy a kimerülő erőforrásoknak két alapvető csoportját különböztetjük meg, a recikálható, vagy újrahasznosítható és a nem recikálható erőforrásokat. A recikálhatók között említendőek az egyes ércek és ezen belül is a fémek. A nem recikálható erőforrások legtipikusabb példái a fosszilis energiahordozók.

13.1. A készlet

A kimerülő természeti erőforrások minden egyes kitermelt mennyiségével csökken a megmaradó készlet, a későbbiekben felhasználható mennyiség. Fontos kérdés azonban, mekkorák a rendelkezésre álló készletek, amelyek felhasználásra kerülhetnek. Ehhez először tisztáznunk kell, mit is értünk a készlet fogalmán.

A kimerülő természeti erőforrások készletének nevezzük azt az ismert mennyiséget, amely a jelenlegi technológiai szint mellett gazdaságosan kitermelhető.

Ez tehát azt jelenti, hogy a teljes földi erőforrásvagyon csak azon részével gazdálkodhat a gazdaság, amelyről egyrészt tudomása van, másrészt az adott piaci viszonyok és technológia mellett kitermelése gazdaságos. Ez a készlet fogalom magában hordozza, hogy a készlet nagysága nem állandó. A készlet és a teljes erőforrásvagyon összefüggését mutatja be a 13.1. ábra.

	Ismertség	
	Ismert	Nem ismert
Gazdaságosság	Gazdaságosan kitermelhető	KÉSZLET
	Nem gazdaságos a kitermelése	

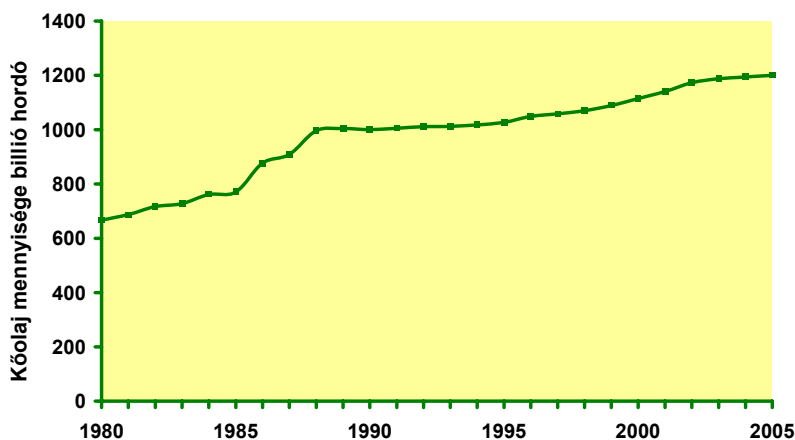
13.1. ábra A kimerülő erőforrások készlete

Kerekes, 1998 idézi U.S. Bureau of Mines/U.S. Geological Survey mineral and coal resource and reserve categories (From U.S. Department of the Interior news release, "New Mineral and Coal Resource Terminology Adopted," May 26, 1976.) alapján

A készlet nagysága mindezek alapján az alábbi tényezőktől függ:

- **Az erőforrás világgpiaci ára.** Ha egy erőforrás ára a piacon emelkedik, akkor a magasabb költséggel kitermelhető lelőhelyek, illetve az alacsonyabb értékű források is gazdaságossá válhatnak. Ezáltal az ár növekedésével a készlet nő. A visszaforgatott másodnyersanyagok kínálatának megjelenése a piacon a kereslet változatlansága mellett árscökkenést okoz, ami az elsődleges erőforrás kitermelhető készletének gazdaságossági kiterjedését szűkíti.
- **A technológia és annak költsége.** Az újabb technológiák lehetővé teszik olyan lelőhelyek kitermelését, amelyek bár korábban is ismertek voltak, de kitermelésük vagy túl költséges volt, vagy a korábbi technológiával lehetetlennek bizonyult. A feldolgozási technológia fejlődése lehetővé teszi olyan források gazdaságos felhasználását is, melynek minősége gyengébb (pl. ércetek esetében az alacsonyabb ércartalmú kőzetek kitermelését).
- **Jogi szabályozás.** Hiába ismerjük egy területen a föld kincseinek mennyiségét, ha törvény tiltja azok kiaknázását. Példa erre a természetvédelmi oltalom alatt álló területek, ahol hiába ismert a lelőhely és hiába lenne gazdaságos a kitermelés, a szabályozás tiltja a tevékenységet.

A kimerülő erőforrások készletei tehát e tényezők hatására a kitermelt mennyiség növekedése ellenére is nőhetnek. Ezt mutatja be a kőolaj esetében az alábbi ábra.



13.2. ábra Bizonyított kőolajkészletek alakulása 1980-2005
(Adatforrás: BP Statistical Review of World Energy 2006)

A készlet növekedése természetesen nem jelenti azt, hogy az összes rendelkezésre álló mennyiség csökkenése ne következett volna be, és a kitermeléssel ne kerültünk volna közelebb az összes ásványvagyon kimerüléséhez.

A kimerülő erőforrás készlet méretének ismerete meghatározza a rendelkezésre álló erőforrás nagyságát a gazdaság számára. A nem reciklálható erőforrás esetén (pl. fosszilis energiaforrások) az erőforrás szűkösségének mértéke attól is függ, mekkora az erőforrás iránti szükséglet, vagyis mekkora mennyiséget termelünk ki jelenleg az erőforrásból. A szűkösséget kifejezhetjük a statikus készletmutatóval.

A statikus készletmutató azt fejezi ki, hány évig elegendőek a jelenlegi készletek a jelenlegi kitermelési ütem mellett.

Számítása:
$$\frac{\text{készlet mennyisége}}{\text{jelenlegi termelés mennyisége}}$$

A 2005. évi adatok alapján a fosszilis energiahordozókra az alábbi statikus készletmutatók számíthatók.

Erőforrás	Készletmutató
Kőolaj	40,6
Földgáz	65,1
Kőszén	155

13.1. táblázat A fosszilis energiahordozók készletmutatói, 2005
(Adatforrás: BP Statistical Review of World Energy 2006)

A táblázat adatai a következőképpen értelmezhetők. A világ kőolaj készletei 40 évig, a földgáz készletei 65 évig, a szénkészletek pedig 155 évig elegendőek a jelenlegi árak és kitermelés mellett, vagyis ennyi idő után fognak kimerülni.

Az 1970-es években a környezetvédelem kezdetén már napvilágot láttak hasonló becslések, amelyek azzal foglalkoztak, hogy vajon hány évig elegendőek még a kimerülő erőforrások készletei. Az 1972-ben megjelent *Növekedés határai* című tanulmányban (lásd 1.1. fejezet A kialakulás története) 1970-re vonatkozóan a következő adatok szerepeltek:

Erőforrás	Készlet/termelés arány 1970
Kőolaj	32
Földgáz	39
Kőszén	2300*

Ezen előrejelzés alapján a kőolajkészleteknek 2002-ben ki kellett volna fogyniuk. Miért nem következett be mindez? A válasz a mutató statikus voltában keresendő. A szerzők nem számoltak (nem is számolhattak) a néhány év múlva bekövetkezett olajárrobbanással. Ezen kívül a felfedezett újabb lelőhelyek is az irányba hatottak, hogy a készletek nagyobb ütemben nőttek, mint ahogyan a fogyasztás nőtt. A hetvenes években még a fosszilis energiahordozók felhasználásának korlátját a készletek végességében látták. Ma már az éghajlatváltozást nagyobb erejű korlátozó tényezőnek kell tekintenünk (az éghajlatváltozásról részletesen lásd A szén-dioxid és a globális felmelegedés című fejezetet).

*A kőszénre vonatkozó adatok nem összehasonlíthatók a különböző számítási módszertan miatt!

Forrás: Meadows et al., 2005.

13.2. A kitermelés optimalizálása

Ha tisztában vagyunk azzal, mekkorák a rendelkezésre álló készletek, fontos gazdasági döntés a készletek kitermelésével kapcsolatban a kitermelés időzítése, vagyis annak meghatározása, hány év alatt termeljük ki ezeket a készleteket, és az egyes években mekkora mennyiségeket értékesítsünk a piacon. Ebben a döntésben fontos szerepet játszik az erőforrás szűkössége. Egyszerű termelési tényezők esetében a profitmaximalizáló döntéshez a termelés költségeit és az értékesítés bevételeit kell mindössze figyelembe vennünk. Tökéletesen versenyző piacon a profitmaximum feltétele, hogy az utolsó értékesített termékre jutó bevételek megegyezzenek a költségekkel, vagyis

$$MC = MR \quad (13.1.)$$

A tökéletes versenyző piacon, mint tudjuk, a határbevétel mindig megegyezik a termék piaci árával.

$$MC = MR = P \quad (13.2.)$$

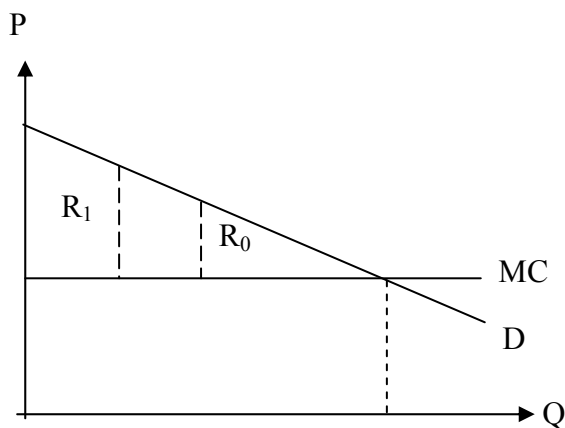
Ez a feltétel azonban nem veszi figyelembe az erőforrás szűkösségét, vagyis azt a tényt, hogy a jelenlegi kitermeléssel egyes jövőbeli bevételekről mondunk le. Ezek a jövőbeli bevételek még magasabbak is lehetnek a jelenleginél, így a mai profitunkért akár egy jövőbeli magasabb profitot áldozunk fel azzal, ha túlzott mennyiségeket termelünk ki az erőforrásunkból. Ahhoz, hogy a profitunkat hosszú távon is maximalizáljuk, a kitermelési döntésnél ezt a „lehetőségköltséget” (opportunity cost) is figyelembe kell venni. Tehát a terméket csak olyan piaci áron érdemes értékesíteni, amely nem csak a jelenlegi költségeinket fedezi, de annak a lehetőségköltségét is, hogy a kitermeléssel lemondunk a más időszakokban elérhető profitról. Ezt a lehetőségköltséget nevezzük más néven **bérleti díjnak**, vagy **royaltynak** (R).

$$P = MC + R \quad (13.3.)$$

A bérleti díj tehát a piaci ár és a határköltség különbsége, vagyis a határprofittal egyenlő.

$$R = P - MC = MR - MC = M\pi \quad (13.4.)$$

A versenyző iparág tehát kimerülő erőforrás kitermelése esetén a hosszú távon maximális profit elérése érdekében a jelenben alacsonyabb termelést valósít meg, vagyis a rövidtávú profitmaximumhoz képest ($P=MC$) kevesebbet fog termelni ($P=MC+R$). Ezt az összefüggést mutatja be a 13.3. ábra, ahol MC állandó, vagyis a kitermelés költségei hosszútávon változatlanok.



13.3. ábra A bérleti díj nagysága tökéletesen versenyző iparágban

Ahhoz, hogy a kimerülő erőforrás valóban a maximális profitot hozza a termelők számára, a bérleti díj értékének legalább az alternatív befektetések értékével, vagyis legalább a tőkekamatlábbal kell növekednie. Ez azt jelenti, hogy a hosszú távú profitmaximum feltétele, hogy a bérleti díj jelenértéke állandó legyen. Ez az ún. **Hotelling-szabály**.

A Hotelling-szabály kimondja, hogy a kimerülő erőforrások termelése esetén a profitmaximum feltétele, hogy a bérleti díj jelenértéke állandó legyen.

A szabály tökéletesen versenyző iparágra képletszerűen a következő:

$$R_0 = \frac{R_1}{(1+r)} = \frac{R_t}{(1+r)^t} \quad (13.5.)$$

$$P_0 - MC = \frac{P_1 - MC}{(1+r)} = \frac{P_t - MC}{(1+r)^t} \quad (13.6.)$$

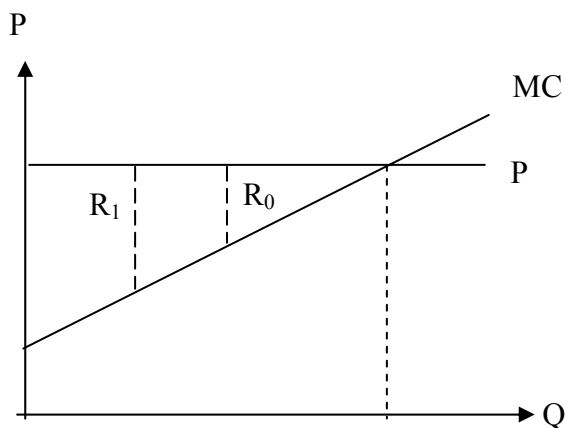
A képletet átrendezve láthatjuk, hogy

$$P_1 = MC + \frac{P_0 - MC}{(1+r)} \quad (13.7.)$$

vagyis az árnak fedeznie kell a termelés költségét és a lehetőség költségét is. Ezáltal a képlet azt sugallja, hogy a kimerülő erőforrások ára folyamatosan nő, ahogy a szűkösség fokozódik. Azt azonban már láttuk, hogy a világpiaci ár növekedésével a készlet nő, így a szűkösség enyhül. Emellett figyelembe kell vennünk a helyettesíthetőséget is, amely növekvő piaci árnál tovább fokozódik, hiszen egyes helyettesítők gazdaságossá válnak, és ez a szűkösséget tovább enyhíti.

A fentebb bemutatott összefüggések a teljes iparágra vonatkoztak, hiszen láttuk, hogy a termelési döntésnél a teljes kereslettel szembesültünk (13.3. ábra). A tökéletesen versenyző vállalat azonban nem szembesül a teljes kereslettel a piacon, a piaci árat a kitermelésének mennyisége sem befolyásolja. A versenyző piacokra termelő, árelfogadó gazdálkodók adott erőforrás árak mellett hozzák meg kitermelési döntéseiket. Számukra tehát a termék ára külső adottság. Nézzük meg, hogyan érvényesül a Hotelling-szabály az egyéni termelő esetében!

Mint azt a 13.3. ábra szemlélteti, az egyéni termelő a piaci árral külső adottságként szembesül, és ezt a kitermelés mennyisége nem befolyásolja. Ebben az esetben a kitermelés költségei azok, amelyek befolyásolják a kitermelési mennyiséget, illetve hosszú távú profitmaximalizálás esetében a bérleti díj (R) mértéke is.



13.4. ábra A kimerülő erőforrások optimális használata egyéni szinten

A bérleti díj jelenértékének ebben az esetben is állandónak kell lennie a hosszú távon maximális profithoz, azonban a képlet a következőképpen módosul:

$$R_0 = \frac{R_1}{(1+r)} = \frac{R_t}{(1+r)^t} \quad (13.8.)$$

$$P - MC_0 = \frac{P - MC_1}{(1+r)} = \frac{P - MC_t}{(1+r)^t} \quad (13.9.)$$

Az egyéni termelő esetében tehát a határkötség változik az egyes termelési mennyiségek függvényében a piaci ár pedig nem.

Svédország megtöri az olajfüggőséget

A svéd kormány olyan programon dolgozik, amelynek eredményeként az északi ország gazdasága - a közlekedést is beleértve - 2020-ra függetlenné válna a kőolajtól. A terv egyértelműen a megújuló energiaforrásokra épül, és egy szóval sem említi az atomenergiát. (...) Az indok a tavalyi olajár-robbanás, valamint a szénhidrogén-használattal együtt járó környezeti válság, aminek a klímaváltozás csak az egyik tünete. A kormányprogram szintjére emelt elképzelés - amelyet decemberben már Göran Persson miniszterelnök ismertetett - abból indul ki, hogy a svédek nemzetközi összehasonlításban viszonylag kevésbé függenek a szénhidrogénektől: az ország energiamérlegében az olaj mintegy 30, a gáz pedig alig 1,5 százalék-

kal szerepel. Ugyanakkor jelenleg is magas, 25 százalék fölötti a megújuló források, mindenekelőtt a vízenergia részesedése. A program öt fő intézkedési irányt tartalmaz:

1. adókedvezményt adnak ahhoz, hogy az olajfűtést használó háztartások átálljanak a megújuló energiaforrásokra (pontosabban a közintézmények számára már elérhető támogatást a magánszemélyekre is kiterjesztik),
2. környezetbarát üzemanyaggal működő távfűtési rendszereket építenek,
3. 2016-ig megháromszorozzák a zöldenergiával (elsősorban biomasszából) előállított áram mennyiségét,
4. átállnak a „megújuló üzemanyagok” - főként a bioetanol - használatára a közlekedésben, és
5. évente csaknem egymilliárd koronát (26 milliárd forintot) költenek a zöldenergiával, például a biodízzel és a biogázzal kapcsolatos kutatásokra.

Monah Sahlin, a fenntartható fejlődés minisztere szerint elérhető cél, hogy Svédországban 2020-ra egyetlen háztartás se használjon olajat, és minden autós számára reális alternatíva legyen, hogy benzin helyett valamilyen bioüzemanyagot tankoljon. Svédországban egyébként jelenleg már az autópark csaknem 10 százaléka üzemel etanollal vagy biogázzal, és minden második benzinkútnál elérhetőek az alternatív üzemanyagok, amelyek ráadásul az adókedvezmények miatt olcsóbbak is a benzinnél és a gázolajnál. Az autósok átállását további adócsökkentéssel, valamint a már ma is létező ingyenes parkolás és a dugódíj-mentesség kiterjesztésével akarják ösztönözni.

(Forrás: Hargítai Miklós Népszabadság, 2006. január 13.)

Felhasznált és ajánlott irodalom

- Baumol, W. J., W. E. Oates (1988) *The Theory of Environmental Protection*, Cambridge University Press, Cambridge.
- BP Statistical Review of World Energy 2006. www.bp.com
- Coase, R. H. (1960): *The Problem of Social Cost*; *Journal of Law and Economics*, 3, 1-44.
- Cobb, C., Halstead, T., Rowe, J. (1997) *Ha a GDP felmegy, miért megy Amerika lefelé? – Miért van szükségünk a fejlődés új mutatóira, miért nem rendelkezünk ezekkel, és hogyan változtatnák meg a társadalmi és politikai helyzetképet.* Fordította: Kindler József. Kovász, I. évfolyam, 1. Szám, 1997. Tél (30–47. oldal).
- Cunningham, W. P., Woodworth S. B.: *Environmental Science* (Dubuque, IA [etc.], Wm. C. Brown Publishers, (1995) 3. ed.) dr. Adorjánné Farkas Magdolna fordítása: *A környezetvédelem tudománya. Tizenkettedik fejezet: A kártevők elleni védelem* http://www.kia.hu/konyvtar/szemle/55_f.htm
- Daly, H. E., Farley, J. (2004) *Ecological Economics – Principles and Applications*. Island Press, Washington, Covelo, London.
- Daly, H. E. (2001) *A gazdaságtalan növekedés elmélete, gyakorlata, története és kapcsolata a globalizációval.* Fordította Mártonffy Zsuzsa. Kovász V. évfolyam 1-2. Szám, 2001. Tavasz-Nyár (5-22. oldal).
- Daly, H. E., Cobb, J. B. (1989) *For the Common Good – Redirecting the Economy Toward Community, the Environment, and a Sustainable Future*. Beacon Press, Boston.
- Görbe A., Nemcsicsné Zsóka Á. (1998) *A jólét mérése, avagy merre halad Magyarország.* Kovász II. évfolyam 1. Szám, 1998. Tavasz (61-75. oldal).
- Hargitai M. (2006) *Svédország megtöri az olajfüggőséget, Népszabadság*, 2006. január 13.
- IPCC (1996) *Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories*, IPCC-IGES.
- IPCC (2001) *Climate Change: The Scientific Basis*; Cambridge University Press, Cambridge.
- Kerekes S. (1998) *A környezetgazdaságtan alapjai.* BKÁE Környezetgazdaságtani és Technológiai Tanszék, Budapest.

- Kerekes S., Szilávik J. (2001) A környezeti menedzsment közgazdasági eszközei KJK Kerszöv, Budapest.
- Kocsis T. (1998) Szennyezéshárítás és technológiai fejlődés a környezetgazdaságtanban – mikroökonómiai elemzés, Közgazdasági Szemle, XLV. évf., (954-970. o.).
- Kopányi M. szerk. (2003) Mikroökonómia, KJK Kerszöv, Budapest.
- KvVM (2003) A földi légkör összetételének megváltoztatása; Nemzetközi együttműködés az éghajlatváltozás veszélyének, az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére; Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Debreceni Egyetem.
- Láng I. (2004) Környezetvédelem – fenntartható fejlődés. Előadás a Mindentudás Egyetemén.
<http://www.mindentudas.hu/lang/20040806lang.html>
- Láng I. főszerk. (1993) Környezetvédelmi Lexikon, Akadémiai Kiadó, Budapest..
- László E: Globális problémák – a Római Klub szemlélete és hatása.
<http://www.foek.hu/zsibongo/90elotti/cikk/laszlo.htm>
- Lesi M., Pál G. (2005) Az üvegház hatású gázok kibocsátásának szabályozása, és a szabályozás hatása a villamosenergia termelő vállalatokra Magyarországon; PhD disszertáció; Budapesti Corvinus Egyetem.
- Marjainé Szerényi Zs. (2000) A természeti erőforrások monetáris értékelésének lehetőségei Magyarországon, különös tekintettel a feltételes értékelés módszerére. Ph.D. Értekezés, Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem Gazdálkodástudományi Ph.D. program, Budapest.
- Marjainé Szerényi Zs.(2005) A feltételes értékelés alkalmazhatósága Magyarországon. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Meadows, D., Randers, J., Meadows, D. (2005) A növekedés határai – harminc év múltán. Kossuth Kiadó, Budapest.
- Mourato, S., Csutora M., Marjainé Szerényi Zs., Pearce, D., Kerekes S., Kovács E (1997) The Value of Water Quality Improvement at Lake Balaton: a Contingent Valuation Study. Chapter 6 in: Measurement and Achievement of Sustainable Development in Eastern Europe. Report to DGXII. CSERGE, Budapest Academy of Economic Sciences, Bulgarian Academy of Sciences and Cracow Academy of Economics.
- Park, Ch. (1997) The Environment – Principles and Applications; Routledge, London.

- Pataki Gy., Bela Gy., Kohlheb N. (2003) Versenyképesség és környezetvédelem; A „Gazdasági versenyképesség: helyzetkép és az állami beavatkozás lehetőségei” című kutatás résztanulmánya; Pénzügyminisztérium Kutatási Füzetek 5. szám.
- Pataki Gy., Takács-Sántha A. (2004) A modern közgazdaságtan: a társadalomtudományok királynője? Bevezetés In Természet és gazdaság- ökológiai közgazdaságtan szöveggyűjtemény. Szerkesztette: Pataki György – Takács-Sántha András, Typotex Kiadó, Budapest.
- Pearce, D.W., Turner, R.K. (1990) Economics of Natural Resources and the Environment, Harvester Wheatsheaf, New York.
- Perman, R., Ma, Y., McGilvray, J. (1996) Natural Resource and Environmental Economics, Longman, London.
- Porter, M. (1990) The Competitive Advantage of Nations, The Free Press, New York.
- Solt K. (2001) Makroökonómia. Trimester, Tatabánya.
- Szakál F. szerk. (2003) Környezetgazdaságtan II. Szent István Egyetem Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet, Gödöllő.
- Tietenberg, T. (2006) Environmental and Resource Economics. Seventh Edition, Pearson International Edition.
- UNEP (2001) United Nations Environmental Program – GRID-Arendal: Vital Climate Graphics.
- Varian, H. R. (1995) Mikroökonómia középfolon; KJK, Budapest.
- Vida G. (1997) Biodiverzitás és globális problémák. Élet és Tudomány, 1997/16, 483-487.
- Wackernagel, M., Rees, W. E. (2001) Ökológiai lábnyomunk. Föld Napja Alapítvány.
- WEC (2006) World Energy in 2006, World Energy Council, London.
- WMO (2003) World Meteorological Organization: Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2002, Global Ozone Research and Monitoring Project—Report No. 47, 498 pp., Geneva.

Internetes források

A víz körforgása. készítette: John M. Evans, USGS, Colorado District,
magyar fordítás: Csiffáry Nóra, KvVM

<http://ga.water.usgs.gov/edu/watercyclehungarianhi.html>

Éghajlat Enciklopédia

http://www.atmosphere.mpg.de/enid/43167f3077a05c635a0ded581821b78f0/magyar/_ghajlat_Enciklop_dia_114.html

Friends of the Earth honlapja

http://www.foe.co.uk/campaigns/sustainable_development/progress/international.html

Global Footprint Network www.ecofoot.com

NASA <http://svs.gsfc.nasa.gov>

National Geographic, <http://www.geographic.hu>

Ökológiai lábnyom-számítás www.myfootprint.org

Világ országainak adatai, HDI, Human Development Index

http://www.nationmaster.com/red/graph-T/eco_hum_dev_ind

Tárgymutató

A, Á

alku 59, 62
antropogén ózonbomlás 107
antropogén üvegházhatás 91
átviteli együtttható 111, 115

B

bérleti díj 144
biodiverzitás 31, 139
biológiai növekedési görbe 136
biomassza 126
BIOSZFÉRA II 15
bírság 74, 77
BOI 69, 72

C

Coase-tétel 63, 66

Cs

csővégi elhárítás 99

D

DDT 43

E, É

eltartóképesség 39, 136, 137
energiaforrás 125
energiahordozók 126
eutrofizáció 70
externália
 az externália internalizálása 42
 externális határkötség görbe
 52
 fogyasztási externália 44
 negatív externália 44
 pozitív externália 44
 termelési externália 44

F

faj 139
feltételes értékelés módszere 36
fenntartható fejlődés 7
 erős fenntarthatóság 16
 gyenge fenntarthatóság 11, 33
fenntartható maximális hozam
 138
flow-típusú szennyező 95
fosszilis energiaforrások 142
fosszilis energiahordozók 107,
 125, 143

G

GDP 20
 egy főre jutó GDP 20
 GNP 20
globális szén körforgás 96
Göteborgi Jegyzőkönyv 118
GPI 28

H

HDI 31
hedonikus ármódszer 36
helyettesíthetőség 10
holtteher veszteség 81
hosszú tartózkodási idejű
 légszennyezők 131
Hotelling-szabály 145
hulladék
 hulladéklerakó 27, 36
 komposztálás 23
 megelőzés 23
hulladékasszimiláló kapacitás 9,
 46

I, Í

immisszió 110, 111, 113, 115

ISEW 24

ivóvíz 131

J

jólét 20, 42

K

készlet 140, 141

kimerülő erőforrások 22, 121,
140, 145

Kiotói Jegyzőkönyv 92

KOI 69

kőolaj 142

környezetértékelés 33

környezetgazdaságtan 38

környezetterhelési díj 82, 83, 84

környezettudomány 38

környezetvédelem

aktív 94

extenzív 94, 99

intenzív 94, 95, 98

passzív 94, 101

külső gazdasági hatás 42

L

légkör 131

lehetőség költség 144

levegő 129

long-term szennyező 95, 105

M

MAC 103

másodlagos szennyező 105, 108

MEC 52

megújuló erőforrások 120

mezőgazdaság 43, 45

Montreáli Jegyzőkönyv 106

MSC 54

N

napenergia 123, 125, 126

norma 68, 71, 76, 114

emissziós 68

hatástalansága 74, 75, 76

immissziós 113, 115

O, Ó

ózon

sztratoszférikus 104

Ö, Ő

ökoadók 84

ökológiai adóreform 82

ökológiai közgazdaságtan 39

ökológiai közgazdaságtan 39

ökológiai lábnyom 16

P

Pareto-hatékony 63

passzív környezetvédelem 114

Pigou-adó 79, 81, 83, 88

populáció 134

Porter-hipotézis 83

ppm 90, 111

R

receptor 110, 111, 115

royalty 144

rövid tartózkodási idejű

légszennyezők 129

S

savasodás 109, 116, 117

short term szennyező 116

statikus készletmutató 142

stock típusú szennyező 95

Sz

szélenergia 123, 127
szén-dioxid 89, 92, 96, 98
szennyezés elhárítás 93
szennyezés elhárítási költség 101
szennyező-fizet elv 65
szmog 129, 130
szűkösség 121, 142

T

talaj 134
tárolhatóság 123
társadalmi határköltség 54
Teljes Gazdasági Érték 34
termékdíj 82, 83, 84
termelt tőke 33

természeti erőforrások 120
természeti tőke 13, 33
tulajdonjogok 60, 64

U, Ú

utazási költség módszer 36

Ü, Ű

üvegház gáz 91

V

víz 131, 133
vízenergia 126, 128

Z

Z mutató 12
zajszennyezés 58