

Klímavédelmi technológiák



Klímavédelmi technológiák

Szerző: Prof. Dr. -Ing. habil. Palocz-Andresen Michael

Lektorálta: Prof. Dr. Bartholy Judit

Kézirat lezárva: 2015. január 15.

KIADÓ: Nyugat-magyarországi Egyetem
a ZENFE – Zöld Energia Felsőoktatási Együttműködés –
TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0012 sz. projekt keretében



A kiadásért felel a ZENFE projekt intézményi képviselője: Dr. Horváth Béla

Felelős szerkesztő: Dr. Pájer József

Terjedelem: 14 ív

Sopron, 2015
© Palocz-Andresen Michael, 2015
ISBN 978-963-334-225-1

TARTALOMJEGYZÉK

TARTALOMJEGYZÉK.....	3
TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE.....	8
ÁBRÁK JEGYZÉKE.....	10
1. A klímavédelem alapjai	15
1.1 A Föld, mint globális éghajlati rendszer	15
1.2 A globális felmelegedés okai és hatásai	20
1.3 A klímamodellek	22
1.4 A klímavédelem története.....	25
1.4.1 A klímavédelem jelentősége.....	25
1.4.2 A klímavédelem kialakulása	27
1.4.3 A klímavédelem főbb lehetőségei.....	29
1.5 A fenntartható fejlődés fogalma.....	31
Felhasznált irodalom.....	32
2. Az légkör szerkezete és szennyezői	34
2.1 A légkör szerkezete	34
2.2 A légszennyező anyagok forrásai	37
2.3 Emisszió és imisszió fogalma, határértékek.....	45
2.3.1 A légszennyező anyagok leválasztása, monitoring rendszer .	47
2.3.2 A levegőkémiai mérés technika fejlődése	48
2.3.3 A légszennyező anyagok mérés technikája.....	53

2.4 Távérzékelés és adatátvitel	53
2.5 Kibocsátás csökkentés és alkalmazkodás, mint alapfogalom.....	55
Felhasznált irodalom.....	55
3. Előrejelzések a jövőre vonatkozóan	58
3.1 IPCC kibocsátási forgatókönyvek	59
3.2 Előrejelzések Európára	61
3.2.1 Csapadék	61
3.2.2 Hőmérsékletemelkedés	63
3.3 A klímamodellek előrejelzései Magyarországra	64
3.3.1 Csapadék mennyiség	65
3.3.2 Hőmérsékletemelkedés	66
Felhasznált irodalom.....	67
4. Klímaváltozás következményei.....	69
4.1 A klímaváltozás várható globális következményei	69
4.2 A klímaváltozás hatásai Magyarországon	74
4.2.1 Mezőgazdasági hatások	74
4.2.3 Hatás az erdőkre	77
4.3 A kárbiztosításban várható változások.....	80
Felhasznált irodalom.....	83
5. Klímavédelem lehetőségei az élővilágban	85
5.1 Klímavédelmi technológiák a mezőgazdaságban	85
5.2 Klímavédelem az erdőszetben	91

5.3 A belvizekkel és az árvizekkel szembeni védekezés.....	95
5.4 Az emberi élet és a városi klíma védelme	96
Felhasznált irodalom.....	98
6. Az energiatermelés átalakítása.....	100
6.1 Az energiatermelés- és felhasználás jelenlegi helyzete	100
6.1.1 Nemzetközi helyzet.....	100
6.1.2 Hazai helyzet	103
6.2 Az energiatermelés statisztikája. Várható trendek 2100-ig.....	104
6.3 Hagyományos energiatermelés és klímavédelem	106
6.3.1 A fosszilis energiahordozók jellemzői.....	107
6.3.2 A fosszilis energiahordozók bányászata, szállítása.....	108
6.3.3 Klímavédelmi megoldások a fosszilis energiahordozók hasznosításában	114
Felhasznált irodalom.....	126
7. A megújuló energia ipar	130
7.1 A megújuló energiaforrások alkalmazásának klímavédelmi előnyei.	130
7.2 Szélerőművek	132
7.2.1 Szélerőművek felépítése	133
7.2.2 Szélenergia hasznosítás tendenciái	138
7.2.3 Szélenergia hasznosítás környezet és klímavédelmi hatásai	140
7.3 Napenergia hasznosítása	140
7.3.1 Termikus hasznosítás	140
7.3.2 Fotovillamos hasznosítás	144

7.3.3 Napenergia passzív hasznosítása	147
7.3.3 Napenergia hasznosítás nemzetközi és hazai helyzete	148
7.3.4 Napenergia hasznosítás környezeti hatásai	152
7.4 Vízenergia hasznosítás	153
7.4.1 Technológiai megoldások	153
7.4.2 A vízenergia hasznosítás nemzetközi és hazai helyzete	156
7.4.3 A vízenergia hasznosítás környezeti hatásai	159
7.5 Biomassza	159
7.5.1 Biomassza hasznosítás technológiai lehetőségei	160
7.5.2 A biomassza hasznosítás nemzetközi és hazai helyzete	164
7.5.3 Biomassza termesztés és hasznosítás környezeti hatásai ...	167
7.6 Geotermikus energia hasznosítása	169
7.6.1 A geotermikus energia hasznosításának technológiai lehetőségei	169
7.6.2 A geotermikus energia hasznosításának nemzetközi és hazai helyzete.....	173
7.6.3 Geotermikus energia hasznosítás környezet és klímavédelmi hatásai	176
Felhasznált irodalom.....	176
8. A közlekedés és a klímavédelem viszonya	181
8.1 Gépjárművek, repülőgépek és hajók működése	181
8.2 Fosszilis üzemanyaggal meghajtott belső égésű gépjárműmotorok	183
8.3 Alternatív üzemanyag meghajtások	185
8.4 Fosszilis üzemanyagok vs. alternatív üzemanyagok	191

8.4.1 Az üzemanyagok osztályozása.....	191
8.4.2 Üzemanyag a jövőben	199
8.5 Közlekedési eszközök emissziója	200
8.5.1 Az egyes üzemanyagok emissziója.....	203
8.5.2 Intézkedések az európai a közlekedésben.....	206
8.5.3 A CO ₂ kereskedelem közvetlen hatásai a közlekedésre	208
8.5.4 Társadalmi feladatok.....	209
8.6 A jövő fejlődési irányai	211
8.6.1 Műszaki lehetőségek az emisszió csökkentésre.....	214
Felhasznált irodalom.....	215
9. Egyéb szektorok.....	217
9.1 A gazdasági élet, a banki szféra feladatai	217
9.2 Együttműködés az iparral	217
9.3 A szociális szempontok figyelembe vétele, migráció, a menekültek helyzete	218
Felhasznált irodalom.....	223

TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. táblázat: A hidroszféra vízkészleteinek eloszlása és tartózkodási ideje [3]	17
2. táblázat: Fontosabb globális klímamodellek a világon	23
3. táblázat: Gázok csoportosítása [3].....	37
4. táblázat: Üvegházhatású gázok globális felmelegedési potenciálja [4]	38
5. táblázat: Légszennyező anyagokra vonatkozó határértékek [11].....	46
6. táblázat: Szennyező anyagok leválasztási eljárásai levegőből [13].....	47
7. táblázat: Különböző típusú levegőkémiai mérőállomások [16]	51
8. táblázat: A leggyakrabban alkalmazott műszeres analitikai eljárások [18].....	53
9. táblázat: A globális változás és emisszió négy IPCC forgatókönyv [1].....	60
10. táblázat: Az országonként várható búzahozam megváltozása a CO ₂ koncentráció megduplázódása esetén [2].....	71
11. táblázat: Az elmúlt húsz évben az erdőkből előforduló biotikus és abiotikus kár rekordok [10;11;12;13]	78
12. táblázat: Fosszilis energiahordozók becsült rendelkezésre állása [5]	101
13. táblázat: 1980 és 2012 között változó fosszilis erőforrás tartalékok [5].....	101
14. táblázat: A kapcsolt energiatermelés technológiájának típusai és a keletkezett hő tulajdonságai [27].....	119
15. táblázat: A megújuló energiaforrások energetikai amortizációs ideje [4].....	132
16. táblázat: A napenergia-felhasználás negatív környezeti hatásainak mértéke [26]	152
17. táblázat: A 3 legnagyobb biomasszát felhasználó erőmű és azok hatásfoka Magyarországon [46].....	166
18. táblázat: A fa és más lignocellulózok fűtőértéke légszáraz állapotban	166

19. táblázat: A szántóföldi energianövény termesztés környezeti veszélyei és lehetőségei [48]	168
20. táblázat: A bioüzemanyagok életciklus elemzése a fosszilis üzemanyagokkal összehasonlítva.....	168
21. táblázat: Az elektromos autók akkumulátorának típusai.....	187
22. táblázat: A klímaváltozás hatásai a mezőgazdasági termelésre.....	193
23. táblázat: A sun-és a synfuel bevezetésének várható időpontja	197
24. táblázat: Üzemanyagok főbb minőségi jellemzői	198
25. táblázat: Alternatív üzemanyagok tulajdonságai	198
26. táblázat: 1 hektáron megtermelhető biomasszából nyert üzemanyaggal megtehető távolság közép kategóriás gépkocsival.....	199
27. táblázat: Az egyes szektorok várható fejlődése	202
28. táblázat: Az emisszió csökkentés forgalomszervezési lehetőségei	209
29. táblázat: A forgalom szervezés hatásai a környezetre	211

ÁBRÁK JEGYZÉKE

1. ábra: Az éghajlati rendszer felépítése [1].....	16
2. ábra: A hidrológiai-ciklus és összetevői [4].....	17
3. ábra: A Föld belső övei [5].....	18
4. ábra: Éghajlati övezetek Köppen-Geiger féle osztályozása [8].....	19
5. ábra: Globális hőmérsékletemelkedés mértéke a 2000-es évhez viszonyítva [11].....	24
6. ábra: Változó felbontású modell rácshálózata [12].....	25
7. ábra: Az utolsó 2000 év hőmérsékletváltozása a 2004-es évhez viszonyítva [9].....	26
8. ábra: A fenntartható fejlődés három alappillére [17].....	31
9. ábra: A légkör szerkezete [2].....	34
10. ábra: Az ózon keletkezésének folyamata [8].....	42
11. ábra: A légköri szén-dioxid havi átlagos globális háttérkoncentrációjának menete 1958 és 2012 között a Mauna Loa (Hawaii) Obszervatórium több évtizedes mérési adataira alapján [15].....	50
12. ábra: Az egyes régiók sebezhetősége [2].....	62
13. ábra: A heves esőzések hozzájárulásának változása az összes csapadék mennyiségéhez 1961-2006 között [4].....	63
14. ábra: A 40,7°C-ot meghaladó Hőség Index értékű napok átlagos száma 1961–1990 (balra), 2021–2050 (középen), 2071–2100 (jobbra) időszakban öt modellszimuláció alapján [6].....	64
15. ábra: Magyarország csapadékmennyiségének csökkenése az 1951-2004 közötti időszakban [9].....	65
16. ábra: Hazai országos átlaghőmérsékletre adódó melegedési trend 1900 és 2005 között 15 állomás mért adatai alapján [9].....	66
17. ábra: Az éves átlaghőmérsékletek változása az ország egyes területein 1975 és 2005 között [9].....	67

18. ábra: A gabona terméshozam változásának %-os előrejelzése 2080-ra az 1961-1990 közötti időszakhoz viszonyítva a CM3/HIRHAM A2 scenárió szerint [1].....	71
19. ábra: A természetes vízforgalom változásának környezeti következményei [2]	74
20. ábra: A kukorica hektáronkénti terméshozamának alakulása [6]	75
21. ábra: Biomasszából termelt primer energia mennyisége [6].....	76
22. ábra: Katasztrófák százalékos megoszlása a világban 2011-ben [15].....	81
23. ábra: Az USA-t sújtó tornádók okozta károk 2012 első félévében [16].....	81
24. ábra: Csepegtető öntözőtechnika [3]	86
25. ábra: A biogáz termelés szerepe a klímavédelemben [7]	91
26. ábra: Vízvezető árkok létesítése a belvizes területeken [12]	96
27. ábra: Energiarendszerek szénlábnyoma [3].....	100
28. ábra: Az egyes energiaforrások aránya a világ primer energia-ellátásában 2008-ban [6] ...	102
29. ábra: A megújuló energia részaránya a teljes bruttó energiafogyasztásban [%] [9]	105
30. ábra: Desertec-projekt infrastrukturális terve [11].....	106
31. ábra: Egy külszíni bánya életútja [12].....	110
32. ábra: Modern mélyművelésű feketeszén bánya [13]	110
33. ábra: Folyami és tengeri szénszállítás [14]	111
34. ábra: A főbb tengeri szénszállítási útvonalak 2005-ben [15]	111
35. ábra: Szárazföldi és tengeri fúrótorony és fúróhajó [16;17;18]	112
36. ábra: Az olajszállító tankhajók balesetének következményei [20]	113
37. ábra: A földgáz szállítás jelenlegi és tervezett szállítási útvonalai [22]	114
38. ábra: A Vattenfall Europe AG széneróműve Jämschwaldében, Németországban [23]	115
39. ábra: A kogenerációs energiatermelés sematikus ábrája (M - motor, G – generátor)	116

40. ábra: A trigenerációs energiatermelés sematikus ábrája (M - motor, G – generátor)	117
41. ábra: Gőzturbina és gázturbina felépítése [24; 25].....	118
42. ábra: Dízelmotor [26].....	119
43. ábra: Elkülönített hő- és villamosenergia termelés [28]	120
44. ábra: Kapcsolt hő- és villamosenergia termelés [28].....	120
45. ábra: Szénből nyerhető energia veszteségei [32].....	123
46. ábra: Fluidágyas tüzelés [34]	124
47. ábra: Szén elgázosítás [34].....	125
48. ábra: A különböző elektromos áramtermelő módok teljes életciklusra vetített CO ₂ -dal egyenértékű kibocsájtásának összehasonlítása [3].....	131
49. ábra: La Ventosa (Mexikó, Oaxaca állam) - a világ egyik legnagyobb szélerőmű parkja [5]	133
50. ábra: Nyomatékváltós szélerőmű [6]	134
51. ábra: Nyomatékváltó nélküli szélerőmű [6].....	134
52. ábra: Offshore szélerőművek várható fejlődési tendenciái [8].....	135
53. ábra: Szivattyús-tározós erőmű elvi vázlata [9].....	137
54. ábra: Szivattyús-tározós erőmű Japánban [10]	137
55. ábra: Az EU öt vezető szélenergia hasznosító országa és Magyarország által termelt energiamennyiség 2012-ben.....	139
56. ábra: A síkkollektorok felépítése és működése [15].....	141
57. ábra: A szelektív síkkollektor felépítése [15].....	142
58. ábra: A vákuumcsöves kollektorok felépítése [15].....	143
59. ábra: Naptorony-erőművek [18]	144
60. ábra: Amorf, monokristályos és polikristályos napelemek [20]	145

61. ábra: Az EU öt vezető fotovoltaikus napenergia hasznosító országa és Magyarország 2012-ben [22]	150
62. ábra: Az EU öt vezető fototermikus napenergia hasznosító országa és Magyarország 2012-ben [22]	150
63. ábra: Vízerőmű vázlata [27] (Jelmagyarázat: A-víztározó, B-gépház, C-vízturbina, D-generátor, E-vízbevezetés, F-frissvíz csatorna, G-villamos távvezeték, H-folyó).....	154
64. ábra: Kis esésű vízerőmű [28].....	154
65. ábra: Nagy esésű vízerőmű [29]	155
66. ábra: Árapály erőmű [30].....	156
67. ábra: Hullámerőmű [31].....	156
68. ábra: A világ évenkénti vízenergia-termelése [33].....	157
69. ábra: Az EU öt vezető vízenergia hasznosító országa és Magyarország 2012-ben [22]	158
70. ábra: Vízerőművek Magyarországon [36]	159
71. ábra: A biomassza energetikai hasznosítása [38]	160
72. ábra: Az EU öt vezető biomassza hasznosító országa és Magyarország 2012-ben [22]	165
73. ábra: Az EU öt vezető geotermikus energia hasznosító országa és Magyarország 2012-ben [22].....	174
74. ábra: Termásvíz hasznosítás Magyarországon [51]	175
75. ábra: Hévízkutak Magyarországon [56]	176
76. ábra: A CO ₂ kibocsátás szektoronkénti megoszlása 2008-ban [1]	181
77. ábra: A közlekedés és a klímaváltozás közötti összefüggés.....	182
78. ábra: Elektromos buszközlekedés.....	188
79. ábra: Napelemmel felszerelt töltő állomás 10 elektromos autó töltéséhez [6].....	189
80. ábra: A hagyományos és az elektromos gépjárművek költségei és karbon kibocsátása.....	189

81. ábra: Az üzemanyag cella felépítése és működése [7].....	190
82. ábra: Extrém időjárás hatása a kukoricára [8;9;10;11].....	194
83. ábra: Erdészeti károk az extrém időjárási események következtében [12; 13].....	195
84. ábra: A főbb üzemanyag fajták.....	197
85. ábra: Az egyes üzemanyag fajták várható piaci részaránya.....	200
86. ábra: CO ₂ emisszió a villamosenergia termelésben és a jármű gyártásban [14]	201
87. ábra: Az egyes közlekedési ágazatok CO ₂ kibocsátása [15].....	202
88. ábra: A közlekedésben részt vevő gépjárművek CO ₂ emissziója egyetlen utasra vonatkoztatva [18]	203
89. ábra: A sebesség korlátozás hatásai a fogyasztásra.....	209
90. ábra: Az értékesített személygépkocsik számának előrejelzése típus alapján [17]	212
91. ábra: A közlekedésben alkalmazható energiatakarékosági igény rendszer	213
92. ábra: Több ezer klímamenekült a világ legnagyobb menekülttáborában Dadaab-ban [4]...221	
93. ábra: Konfliktuslehetőségek a kiválasztott kritikus zónában	222

1. A klímavédelem alapjai

1.1 A Föld, mint globális éghajlati rendszer

Az időjárás a légkör egy adott időponthoz tartozó állapota, amelyet pillanatnyi értékekkel jellemezhetünk.

Az éghajlat vagy klíma (ógörög, κλίμα, *klíma*) valamely hely vagy földrajzi táj hosszútávra jellemző időjárási viszonyainak összessége, az időjárás elemeinek hosszabb időn át történő ismétlődése. A klímát állandó változás jellemzi. Tudományos fogalomként az időjárási paraméterek együttes várható értékeit jelenti, amit statisztikai úton az úgynevezett normálidőszakra vonatkozó sokéves átlaggal becsülnek. A Meteorológiai Világszervezet (WMO) jelenleg elfogadott hivatalos normálidőszaka az 1961-től 1990-ig terjedő időintervallum.

Az éghajlatot befolyásoló fontosabb tényezők:

- a kozmikus tényezők, pl. Nap-Föld helyzete,
- a természetföldrajzi tényezők, pl. domborzat,
- a dinamikus tényezők, pl. a levegő mozgása.

A Föld éghajlati öveinek kialakulását befolyásoló tényezők:

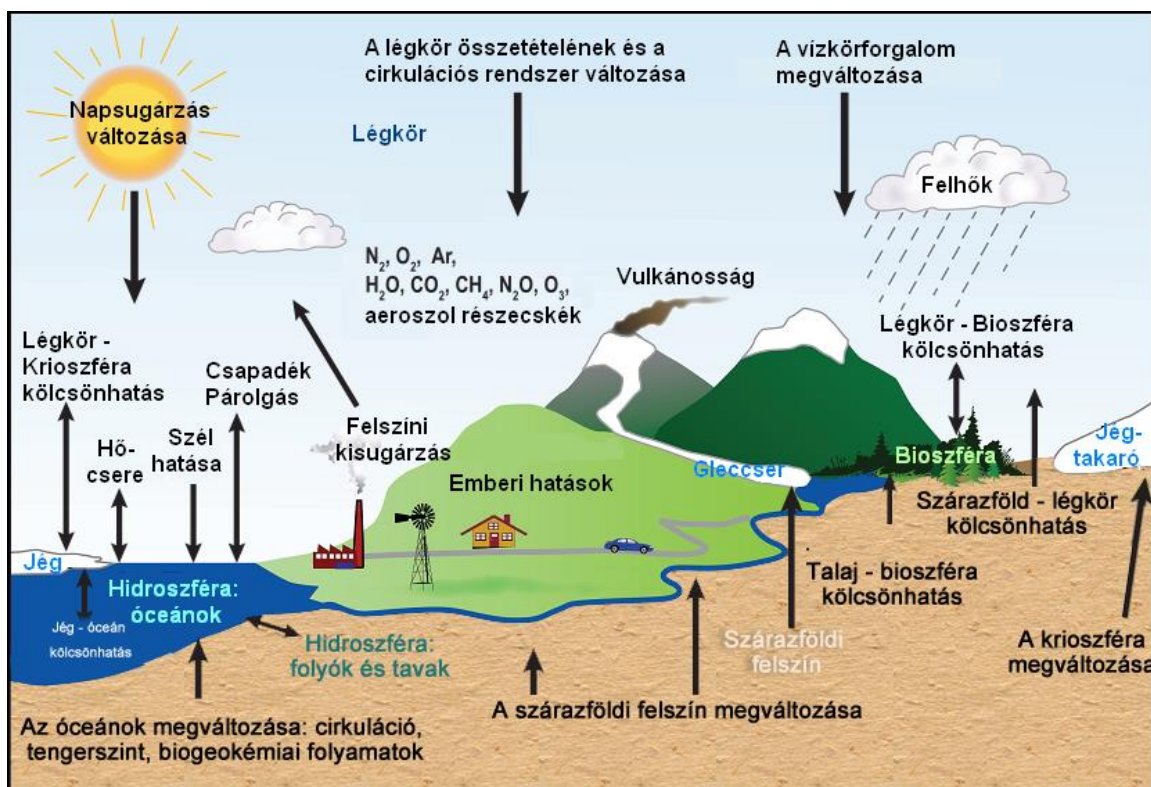
- a Napból érkező sugárzási energiamennyiséget,
- a földpálya orbitális paraméterei, illetve a fénysugarak beesési szöge,
- a légkör kémiai összetétel,
- a bioszféra állapota, azon belül az emberiség,
- a nagy óceáni áramlások határozzák meg.

Az éghajlat jövőben várható alakulása a globális légköri vagy klímamodellekkel (GCM-ekkel) tanulmányozható. A nemzetközi szimulációs kísérletek eredményei az ún. klímaszcenáriók, amelyek általában harminc éves időszakokra (2021-2050, illetve 2071-2100) határoznak meg meteorológiai adatsorokat.

Az éghajlati rendszer az éghajlat alakításában szerepet játszó (belső) rendszer, amelynek állapota egy meghatározott éghajlati időskálán belül változik. Az éghajlati rendszer négy nagy egymással kölcsönhatásban álló éghajlati alrendszerből épül fel, lásd 1. ábra:

- atmoszféra,
- óceánok, édesvizek, talajvíz,
- krioszféra,

- litoszféra,
- bioszféra.



1. ábra: Az éghajlati rendszer felépítése [1]

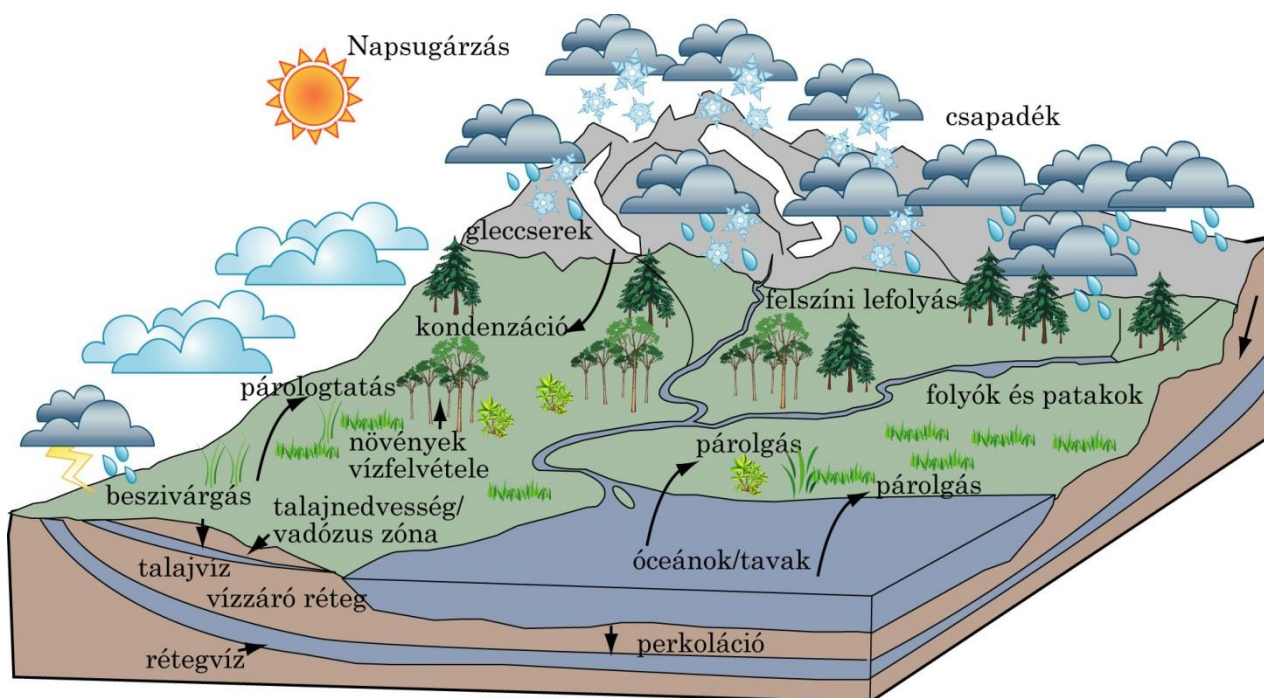
1. Az atmoszféra egy bolygó felszínét körülvevő gázburok. Legkülső rétege éles határ nélkül megy át a bolygóközi térbe. A légkör mindazon gázmolekulák összessége, melyeket az adott bolygó forgása során magával visz. A Föld légkörében, az atmoszférában felfelé haladva a levegő sűrűsége a magassággal rohamosan és folyamatosan csökken. A hőmérséklet viszont bizonyos magassági tartományokban csökken, másokban emelkedik. A légkör az éghajlati rendszer központi, leginkább instabilis és legnagyobb változékonyságú komponense (lásd 2. fejezet).
2. A Földfelszín 71%-át víz borítja, amelynek nagy részét, az óceánok teszik ki. Jellemzője a nagy hőkapacitás, a légkörinél jóval lassabb 3D áramlási rendszer, nagy tehetetlenség és CO_2 elnyelési képesség. [2] A 0,5%-nál nagyobb sótartalmú vizeket sós, az ennél kevesebb oldott ásványi anyagot tartalmazókat édesvizeknek nevezzük.
3. Földünk hatalmas vízkészletének 97,5%-a sós víz és csak alig 2,5%-a az édesvíz. Az édesvíznek is döntő része, kb. 87%-a jég-takaróként halmozódott fel, elsősorban a Déli-sarkvidéken. A vízkészlet megoszlását az 1. táblázat mutatja. A krioszféra a globális klímarendszer szerves részét alkotja, jellemzője a termikus tehetetlenség, az alacsony hővezető képesség, a beérkező napsugárzás nagyarányú visszaverése, mélytengeri cirkuláció irányítása, ezért hatása a hosszú időtartamú folyamatokban jelentős. A

krioszférába soroljuk a grönlandi, antarktiszi jégmezőket, gleccsereket, felszíni havat, tengerjeget, a tavak, folyók fagyott víztömegét. A Föld legjelentősebb édesvízraktára.

1. táblázat: A hidroszféra vízkészleteinek eloszlása és tartózkodási ideje [3]

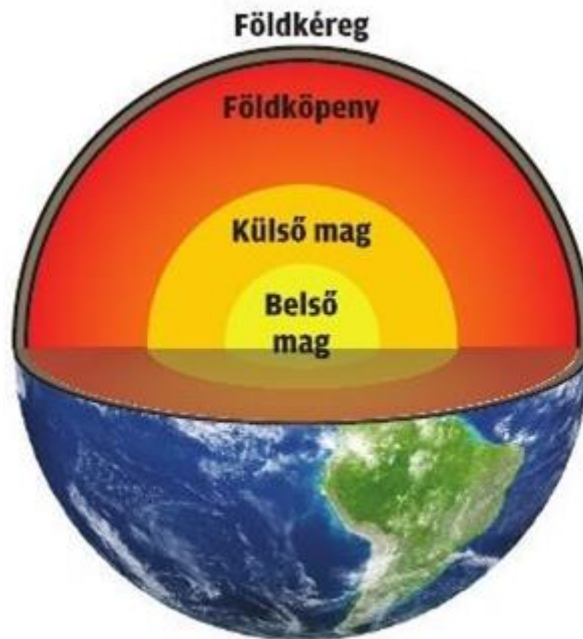
	Térfogat [1000 km ³]	Az összes víz [%]	Édesvíz [%]	Tartózkodási idő
Óceánok	1.370.000	97,61	-	3.100 év
Gleccserek	29.000	2,08	87,33	16.000 év
Rétegvizek	4.000	0,29	12,05	300 év
Édesvízű tavak	125	0,009	0,38	1-100 év
Sós tavak	104	0,008	-	10-1.000 év
Talajvíz	67	0,005	0,20	50-280 nap
Folyók	1,2	0,00009	0,0036	12-20 nap
Légkör	14	0,0009	0,042	9 nap

A Föld vízkészlete a napsugárzásból származó energia révén állandó körforgásban van, összekapcsolva a geoszféra alegységeit. A teljes hidrológiai ciklus a 2. ábrán látható.



2. ábra: A hidrológiai-ciklus és összetevői [4]

4. A litoszféra a Föld külső kéregéből és a legfelső köpenyből álló, szilárd, merev kőzetburka, amely a köpeny képlékeny részén úszik, lásd 3. ábra. Vastagsága 70–150 km, amely az óceánok alatt vékonyabb, a kontinensek alatt vastagabb, több, különböző méretű kőzetlemezből áll. A Föld szárazföldi részének mintegy 20%-át hótakaró borítja, további 20%-a hegyvidék. A Földnek éppen 30%-a alkalmas mezőgazdasági művelésre.



3. ábra: A Föld belső övei [5]

5. A bioszféra az élet színtere a Földön, az összes élőlényközösséget és azok kölcsönhatásait foglalja magában. A gyakorlatban a tengeri és szárazföldi növénypopulációt, az állatokat, valamint az embereket is ide soroljuk. A bioszféra a növényzeten keresztül erősen befolyásolja az üvegházgázok biokémiai forgalmát, elsősorban a légkör és az óceán szén-dioxid forgalmát. [6]

A Föld felszíne sokszínű, s az egyenlítőtől való távolság drámai módon befolyásolja a Föld klímáját. Az egyenlítőhöz legközelebb eső területek hőmérséklete a legmagasabb, s a sarkok felé csökken. Az óceánok hőleadása és felvétele sokkal lassabban zajlik, mint a szárazföldé. A Föld éghajlati övekre való felosztására különböző rendszereket dolgoztak ki, melyek többsége az évi középhőmérsékleten, a havi középhőmérsékleten, az évi, illetve évszakos csapadékmennyiség eloszlásán alapul. [7]

Az egyik alkalmazott rendszer a szoláris éghajlati övezetesség, amely akkor lenne érvényes, ha a Föld éghajlatát csak a napsugarak beesési szöge határozná meg.

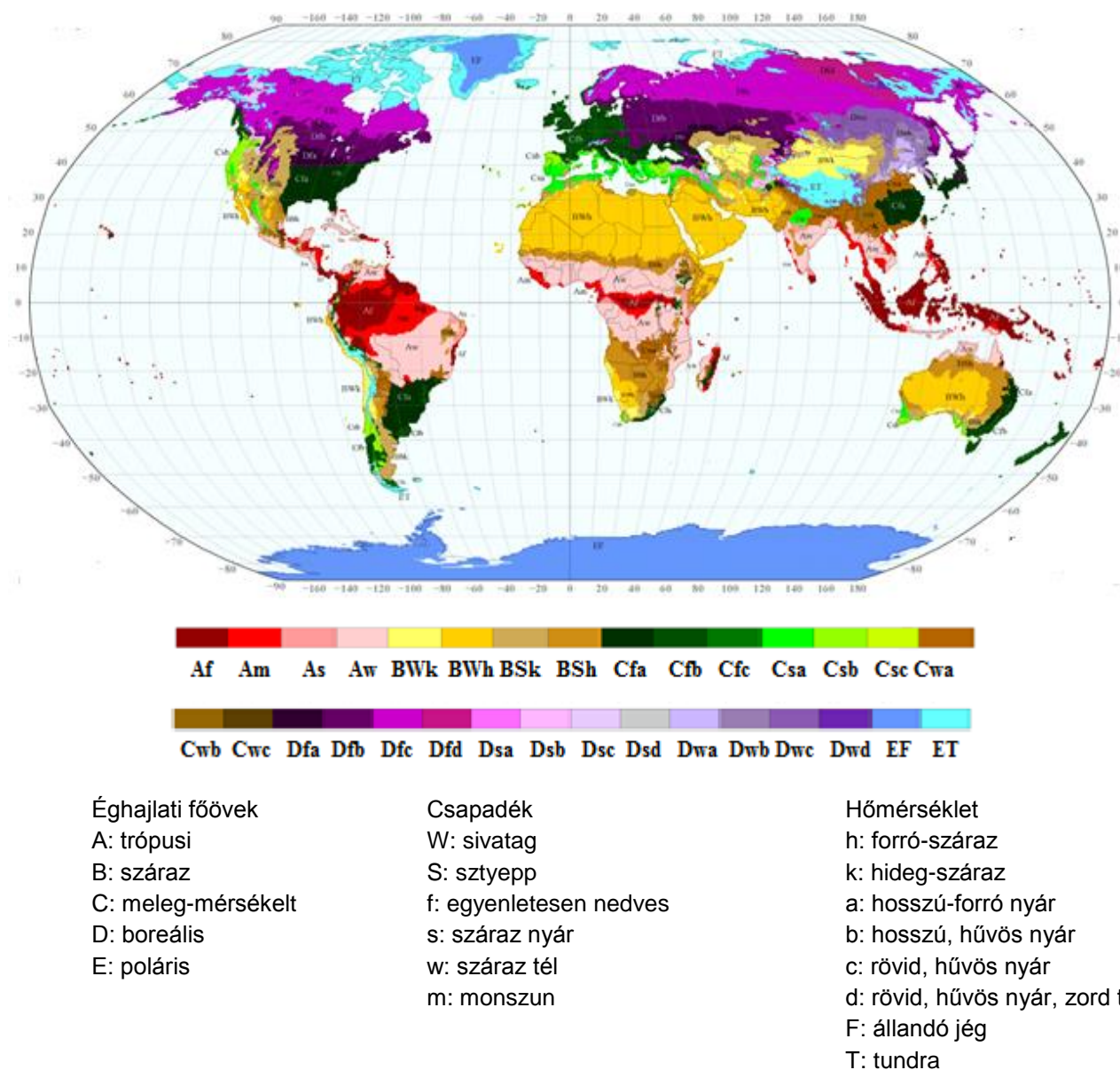
Három típusát különböztetjük meg:

- hideg éghajlati övezet,
- mérsékelt éghajlati övezet,
- trópusi éghajlati övezet.

Az északi, valamint a déli hideg övezet az északi sarkkör és az Északi-sark, illetve a déli sarkkör és a Déli-sark között alakult ki. A mérsékelt éghajlati övezet északon az északi sarkkör és a

Ráktérítő, délen a déli sarkkör és a Baktérítő között húzódik. A trópusi éghajlati övezet a legmelegebb éghajlati övezet, a Baktérítő és a Ráktérítő között húzódik. Évi középhőmérséklete 20°C-nál magasabb.

A felszín anyagának eltérő tulajdonságai miatt a napsugarak a szárazföldeket, illetve az óceánokat és a tengereket eltérő mértékben melegítik fel. Eltérő fajhőjük a lehűlés mértékét is meghatározza. A befolyásoló tényezők figyelembe vételével a szoláris éghajlati övezetesség helyett a mért értékekhez jobban igazodó éghajlati övezeteket alkalmaznak, amelyek elhelyezkedését a 4. ábra mutatja be.



4. ábra: Éghajlati övezetek Köppen-Geiger féle osztályozása [8]

1.2 A globális felmelegedés okai és hatásai

A nemzetközi mérési adatok szerint 1950 és 2003 között a Föld felszínének átlaghőmérséklete 0,65°C-kal emelkedett. A folyamat várhatóan folytatódik. A globális felmelegedés 2100-ra átszabhatja a világ klímazonáit, egyes sarki és hegyvidéki klímák eltűnhetnek, a trópusokon pedig korábban ismeretlenek alakulhatnak ki.

Globális felmelegedés alatt a Föld átlaghőmérsékletének emelkedését értjük, amelynek során emelkedik az óceánok és a felszínközeli levegő hőmérséklete. Számos elmélet született a kiváltó okok tekintetében, amelyek lehetnek természetesek és antropogén eredetűek.

Főbb elméletek a globális felmelegedés természetes okaira [9]:

- A geokémiai kutatásokból arra következtetnek, hogy a földtörténet során a melegebb (interglaciális) és hidegebb (glaciális) időszakok váltották egymást, de nem teljesen ciklikusan. Ez az állítás azonban csak a legutolsó közel egymillió éves időszakra igaz, mely a teljes földtörténet szempontjából egy elenyészően rövid időszakként számít. A váltakozó időszakok között a Föld átlagos hőmérséklete 6-8°C-ot változott. Egyes elméletek szerint a ciklikusan visszatérő glaciális időszakok alapvető okai a Föld pályaelemeiben bekövetkező változásokra vezethetők vissza. Ezen teória szerint jelenleg egy hosszúnak (100–150 ezer év) ígérkező interglaciális időszak elején tartunk.
- Az Antarktisz éghajlatára vonatkozó adatok az előző elméletet nem követik. A Vostok-jégfúrás eredményei alapján az Antarktisz hőmérséklete nem követi a globális periódusokat, valamint az elmúlt fél millió év során legalább háromszor 2-3 °C-al melegebb volt a mainál. Mintegy húszezer éve kezdődött egy újabb hőmérsékletemelkedés, amely ma is tart. A folyamat teljesen független az emberiségtől, az elmúlt évszázadban nem látszik semmilyen tendenciaváltozás.

A témával foglalkozó tudósok több mint 90%-a szerint azonban a legutóbbi évtizedekben zajló felmelegedés mértéke zömmel emberi tevékenység eredménye, amelyet a légkörbe juttatott üvegházgázok okoznak. Az éghajlatváltozási keretegyezmény is a globális éghajlatváltozás kifejezést az ember által okozott klímaváltozásra használja.

Tény, hogy a vizsgálatok szerint az elmúlt 417 000 év alatt sohasem lépte túl a légkör szén-dioxid-koncentrációja a 300 ppm értéket, és jelenleg 400 ppm körüli. A Föld teljes korának azonban ez csak 0,01%-a, így nem vonható le pusztán ebből az adatból jó következtetés.

A globális felmelegedés főbb antropogén kiváltói:

- Az esőerdők irtása az antropogén eredetű üvegházhatás egyik fő okozója. Az égetéses irtás során a fában elraktározott szén szén-dioxid formájában jut a levegőbe. Az utóbbi 10-15 év során átlagosan évente 1 milliárd tonnával kerül több szén-dioxid a légkörbe

ennek következtében. Az erdőirtás miatt keletkezett szén-dioxid mennyiségét a légkör teljes szén-dioxid mennyiségének egyharmadára becsülik. Az esőerdő fái a csapadékképzésben is fontos szerepet játszanak, ugyanis a gyökereiken keresztül magukba szívott talajvizet folyamatosan párologtatják, és az ebből keletkező esőfelhők az egész Földön szétterülnek, például még Észak-Európa fölé is eljutnak. Az esőerdők irtásával a nekik köszönhető csapadék és felhőképződés is elvész a Föld számára. Emellett megszűnik a fák fotoszintetikus tevékenysége, amellyel további CO₂-t lehetne kivonni a légkörből.

- A mezőgazdaság az ENSZ Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Szervezetének 2006-os számítása alapján a hús- és tejtermelés célú állattartás a globális felmelegedés 18%-áért felelős az üvegházhatású gázok kibocsátása következtében. A jövőben a népesség növekedése még intenzívebb mezőgazdasági termelést igényel, amely fokozott műtrágyahasználatot eredményez.
- A világ energiaigénye az utóbbi két évszázadban a sokszorosára nőtt. Ennek legfőbb oka az ipari termelés ugrásszerű növekedése. A 20. század közepére általánossá vált tömegtermelés a korábbinál szintén több energiát igényelt. Az utóbbi évtizedekben tovább fokozták az energiaszükségletet a fejlődő országok, pl. Kína, India, Brazília, Mexikó gazdaságának jelentős mértékű növekedése.
- A távolsági utazások száma roppant mértékben megnőtt az utolsó 200 évben. Ebben domináns szerepe 1950-ig a tengerhajózásnak volt. Ma már az utasforgalomban ezt a fajta közlekedési ágat felülmúlja a légi közlekedés. A szállítás a növekvő termelés következtében egyre jelentősebbé válik. A fejlődő országok alacsony munkabérének köszönhetően a szállítási távolságok is megnövekednek, amely a szállítást végző tehergépjárművek, repülőgépek által kibocsátott emisszió jelentős növekedéséhez vezet.

A felmelegedés fontosabb globális hatásai:

- A globális éghajlatváltozás egyik valószínűsíthető következménye a Golf-áramlat hőszállításának megváltozása. A globális felmelegedés okozta jégolvadás miatt hatalmas tömegű édesvíz kerülhet az Atlanti-óceánba, aminek következtében irányt változtathat, lelassulhat, vagy akár meg is szűnhet a Golf-áramlat. Emiatt több, mint 6-8 °C-ot is csökkenhet Észak-Európa téli középhőmérséklete. A Golf-áramlatot a Grönlandi-tenger jég borította vizeiben végbemenő folyamat tartja mozgásban. Amikor a tengervíz kezd megfagyni, a folyékony halmazállapotban maradó víz sótartalma és sűrűsége megnő. A sűrűbb víztömegek lassan lesüllyednek a tengerfenékre, és útjukat a Déli-sark irányába veszik, lehetővé téve ezzel meleg víztömegek vonulását a trópusokról a sarkvidékek felé. A Golf-áramlat, illetve meghosszabbításai jelentősen befolyásolják azon szárazföldi területek éghajlatát, amelyek közelében elhaladnak.
- Egyre gyakoribbak lesznek a változékony időjárás következtében a természeti katasztrófák. Ilyenek például a nagy esőzések miatt kialakuló földcsuszamlások,

árvizek, a szél pusztító hatását megjelenítő nagy viharok, hurrikánok, tornádók. Az egyes területek csapadékhiánya miatt aszályok alakulhatnak ki, gyakoribbá válhatnak az erdőtüzek, bozóttüzek.

- A klímaváltozás miatt Földünkön számos növényi és állati faj válik veszélyeztetetté és pusztul ki. Fajok tömeges kihalásai többször megtizedelték az állat- és növényvilágot a földtörténet évmilliói során. Az őslénytani kutatások szerint, az elmúlt félmilliárd évben öt nagy és számos kisebb tömeges kihalás következett be. A kihalások közvetlen előidézői között a környezet és a klíma megváltozása játszotta a főszerepet. Növekszik az egyes fajok migrációja, de komoly kihatással van az emberi egészségre is.

1.3 A klímamodellek

Az éghajlati rendszerek kutatásához különböző klímamodelleket használnak, amelyek fizikai törvényeken alapulnak. A rendszer valamennyi összetevőjének fizikai leírása egyenletek segítségével lehetséges, amelyek megoldása az óriási adathalmaz miatt csak nagyszámítógépes környezetben végezhető el. A modelleket úgy tesztelik, hogy 20-50 vagy 150 évvel korábbi időszakra készített modelleredményeket összehasonlítják az azonos időszakok mért adataival.

A globális éghajlati rendszer dinamikus modellezésére alapvetően háromféle modell típust alkalmazhatunk:

- Hidrodinamikai modellek a légkörben és az óceánokban bekövetkező változásokat együttesen figyelembe vevő modellek. A külső és a belső erők hatására létrejövő áramlásokat elemzik, amelyek kulcsszerepet játszanak az éghajlat kialakításában.
- Numerikus modellekben a számításokat numerikus és közelítő módszerekkel végzik. Ezek a modellek szimulálják a légkör és az óceánok mozgását, becsléseket tesznek a légnyomás, a hőmérséklet és a sűrűség várható értékeire.
- Globális modellek a Föld egész légkörére és az óceánok összességére vonatkoznak. A térben folytonos légkörfizikai állapotjelzők időbeli változását úgy kezelik, hogy a mezőkre egy rácshálózatot illesztnek. A különféle matematikai számításokat ezután már csak a hálózat csomópontjaira, az úgynevezett rácspontokra végzik el. A globális modellek hátránya, hogy kicsi a térbeli felbontásuk, ezért a már két nagyságrenddel kisebb skálájú folyamatokat nem képesek vizsgálni. Használatuk ezért nem megfelelő az összetett domborzati viszonyokkal jellemzett területeken, vagy változó felszíntakarójú helyeken. Ezen régiók klimatológiájának megállapítása nagyobb felbontású módszerekkel, például regionális modellek segítségével történik.

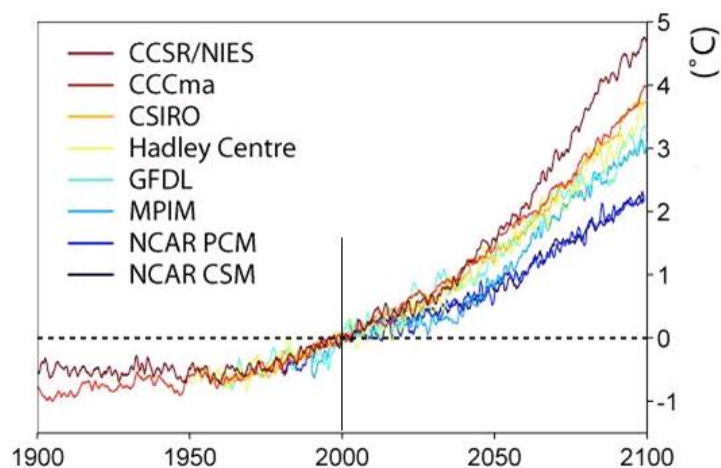
A globális éghajlati modellek mellett általában tekintve három éghajlati modell alaptípust különböztetünk meg [10]:

- Regionális modellek lényegében a globális modellek finomításai. Ezek kidolgozása jóval nehezebb a globális modellekénél. A regionális modellek a globális modellek durvább térbeli felbontású modelleredményeit finomítják, leskálázzák, figyelembe véve a pontosabb orografikus tagoltságot, a kisebb skálán zajló légköri folyamatokat. A mai legfinomabb felbontás mintegy 10x10 km, amelyet már számos helyen alkalmaznak, köztük a hamburgi Max-Planck-Institut für Meteorologie-ben.

2. táblázat: Fontosabb globális klímamodellek a világon

Klímamodell rövidítés	Fejlesztő intézet	Székhely
CCSR/NIES	Center for Climate System Research/ National Institute of Environmental Studies, University Tokyo, CCSR/NIES	Tokyo Japan
CGCM2	Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis, University of Victoria, CCCma	Victoria Canada
CSIRO-Mk2	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, CSIRO	Clayton Australia
HADCM3	Met Office Hadley Centre, Hadley	Devon United Kingdom
R30	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory Princeton University, GFDL	Princeton USA
ECHAM/OPYC3	Max Planck Institute for Mathematics/ Max Planck Institute for Meteorology, MPIM/MPI	Bonn Hamburg Germany
NCAR-CSM	National Center for Atmospheric Research Boulder, NCAR	Colorado USA

A felsorolt globális klímamodellek mind egyértelműen a hőmérséklet növekedését jelzik 2100-ig. Az egyes modellek előrejelzései csupán a hőmérsékletemelkedés várható mértékében különböznek (2. táblázat, 5. ábra). Ha nem teszünk semmit az üvegházhatású gázok kibocsátásának megfékezésére, és továbbra is a jelenlegi mértékben növekszik tovább, akkor a földfelszín hőmérséklete várhatóan 0,5-2,0°C között lesz 2050-re és 2-4,5°C között 2100-ra. Addigra a CO₂ koncentrációja a légkörben meghaladhatja a 800 ppm-et.

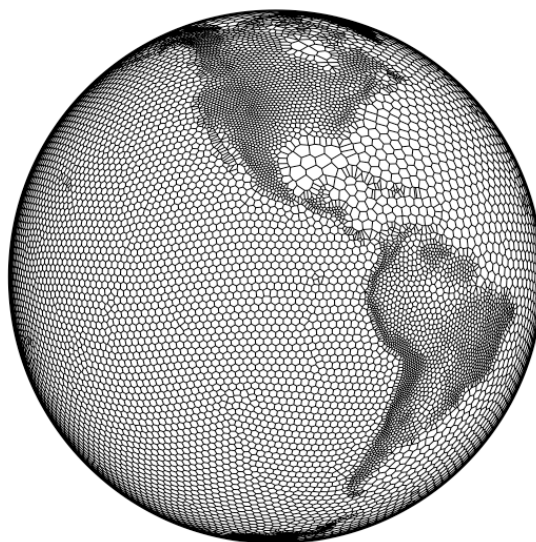


5. ábra: Globális hőmérsékletemelkedés mértéke a 2000-es évhez viszonyítva [11]

- Általános cirkulációs modellek neve angolul general circulation model (GCM), a háromdimenziós térben zajló légköri mozgásokat írják le. Tanulmányozzák a napsugárzás energiájának szféránkénti megoszlását és az energia hatását az éghajlati rendszer elemeire. Számításokat végeznek a hőmérséklet, a csapadék, a légnyomás és az egyéb éghajlati változók értékeire vonatkozóan. Horizontális felbontásuk átlagosan 100-300 km. A legkomplexebb modellek, de ugyanakkor a legnehezebben alkalmazhatóak.
- Előrejelző modelleknek több kritériumnak is meg kell felelniük. Figyelembe kell venniük, hogy az üvegházhatású gázok ember általi kibocsátása változhat a jövőben, például a korlátozó rendszabályok miatt. Ezért az éghajlati modellekben is figyelembe kell venni a különféle emissziós forgatókönyveket, majd ennek megfelelően módosítani az előrejelzéseket. A modelleket nem csak az általános felmelegedésre kell alapozni, hanem figyelembe kell venni a különböző földrajzi régiókban az évszakonkénti változás jellegét is.

Az ismertebb általános éghajlati modellek a következők:

- Az 1990-es években Michel Déqué vezetésével kifejlesztett ARPEGE Climate időjárás-előrejelző modell. Kifejlesztésében fontos szempont volt az emberi tevékenység következtében kialakuló esetleges klímaváltozás, valamint az évszakai előrejelezhetőség vizsgálata. Változó felbontású modell. Ez azt jelenti, hogy a horizontális rácsávolság a Föld felszínén változhat, így a kiértékelés szempontjából érdekes területen nagyobb, míg a kevésbé érdekes területen kisebb felbontást alkalmazhatnak, lásd a 6. ábrát, ahol a szárazföldet finomabb, míg vízzel borított területeket durvább rács fogja át.



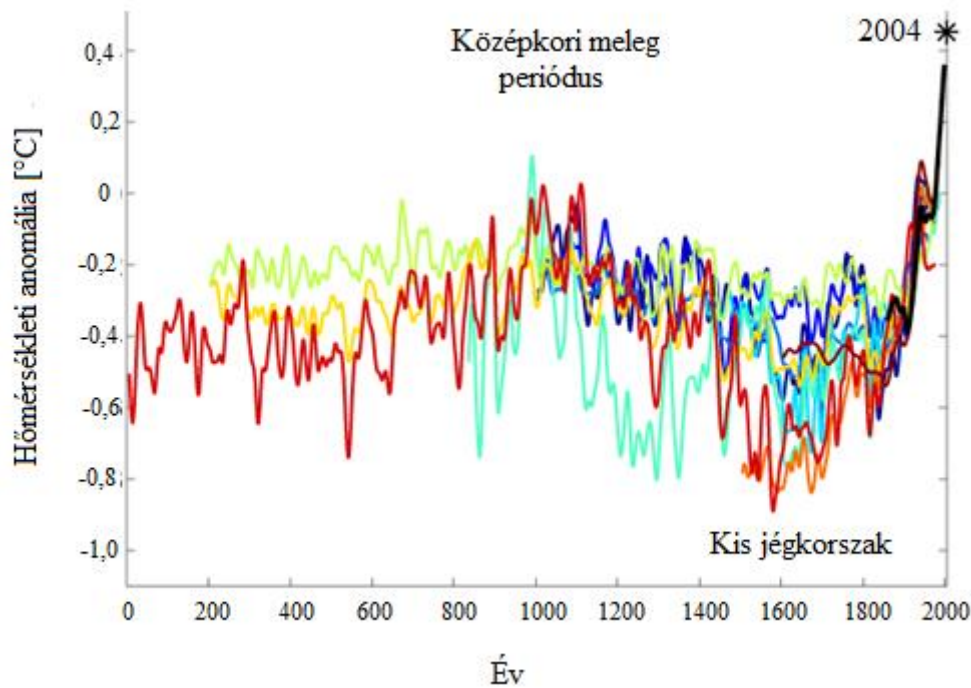
6. ábra: Változó felbontású modell rácshálózata [12]

- Az ARPEGE modellből fejlesztették ki az ALADIN Climate modellt egy korlátos tartományú, spektrális rendszer, amely a légkört kormányzó hidro- és termodinamikai egyenletrendszerrel oldja meg. Az ALADIN Climate modell hidrosztatikus, azaz feltételezik, hogy függőleges irányban nem lép fel gyorsulás.
- A REMO (Regional Modell) a Német Meteorológiai Szolgálat időjárás-előrejelző modelljéből, az „Europa Modell”-ből fejlesztették ki regionális klímamodellezés céljára.
- A RegCM regionális klímamodell a Nemzetközi Elméleti Fizikai Központban (ICTP International Centre for Theoretical Physics, Philippon Giorgi) került kifejlesztésre. A modellt regionális klímakutatásokhoz és évszakos előrejelzésekhez használják világszerte.

1.4 A klímavédelem története

1.4.1 A klímavédelem jelentősége

A globális felmelegedés a Föld átlagos földfelszíni hőmérsékletének folyamatos emelkedése, amelyet bolygónk üvegházhatásának fokozódása idézi elő. Okozója néhány légköri gáz jelenléte, mint a vízgőz és a szén-dioxid, amelynek köszönhetően a földfelszínt elhagyó sugárzó energia a légkörben marad. A Föld átlagos felületi hőmérséklete, amely relatív mértékben stabil volt több mint 1000 éven keresztül, az elmúlt 100 évben több mint 0,9 Celsiusfokot emelkedett (7. ábra). A 20. század 9 legmelegebb napját is 1980 óta tartják nyilván, míg a második évezred legmelegebb évtizede az 1990 utáni. [13]



7. ábra: Az utolsó 2000 év hőmérsékletváltozása a 2004-es évhez viszonyítva [9]

Az éghajlatváltozás növekvő kockázata miatt a környezetvédelmi beavatkozások alapja főképp a fosszilis energiahordozókból származó üvegházhatású gázok emissziójának csökkentése.

Az elmúlt évtizedek tapasztalatai szerint az évezredek óta belénk ívódott magatartási minta nem teszi lehetővé, hogy a klímaváltozásra stratégiaileg megfelelő időben és intenzitással reagáljunk. Ilyen globális jellemzők az alábbiak:

- Az intenzívebb időfelhasználás igénye

A mai ember a család és a munka, a gyereknevelés és a szabadság, a továbbképzés és a szórakozás közötti feszültségeket az idő intenzívebb kihasználásával próbálja megoldani. Ez rendkívül energiaigényes jelenség, akárcsak az, hogy megnőtt a komfortigény az élet minden területén. Ez a szemlélet erősen növekvő energia- és nyersanyag felhasználással jár együtt világszerte.

- A földrajzi tér kibővülése

A XXI. században megnő a települések száma és tovább folytatódik a veszélyeztetett területek benépesítése, világméretű mobilitás jellemzi az életet. Példa erre az EU, ahol a nagyméretű, korlátlan mozgás következtében már kialakultak a közös magatartási jellemzők. A munkastílus és módszerek, az ízlés és a művészeti érdeklődés, az életszínvonallal szembeni elvárások, a komfort igény lassan az egész EU területén azonossá válik. Ugyanakkor a földrajzi távolságok

megnövekedése adott tény ma már a termelési folyamatokban is, ami szintén tovább növeli az energiaigényt.

- Termelési láncok kialakulása

Már a XX. században tapasztalható volt, hogy a termelés egyre bonyolultabbá és széttagoltabbá vált. Termelési láncolatok jöttek létre, amelyeket a költségek világméretű minimalizálódása mozgat, illetve vezérel. A munkamegosztás a rendkívül költségigényes raktározás helyett a „just in time” logisztikai módszer kialakulásához vezetett. Ez a folyamat is rendkívül energiaigényes.

- A tőke világméretű mozgása a piac liberalizációja folytán

Már a II. világháború vége óta erősödik a tőke szabad mozgása, amely a XXI. században előre láthatólag ahhoz vezet, hogy az élet minden területén erősödni fog a tőke privatizációs nyomása. Különösen érvényes ez a folyamat az energiatermelés és a nyersanyag gazdálkodás fontos ágazataiban.

1.4.2 A klímavédelem kialakulása

Fourier, francia kutató 1827-ben vetette föl azt a gondolatot, hogy a légkör bizonyos gázai úgy viselkednek, mint az üvegházak üvegtáblái. Számos kutató tovább folytatta az összehasonlítást a légkör és az üvegház között azon célból, hogy egyszerűbbé tegyék a komplex folyamatok értelmezését a nem szakemberek számára.

Az üvegházhatás következményeit, melyek eredetileg a légköri szén-dioxid (CO₂) növekedésének a hatásaira koncentráálódtak, egészen az 1960-as évekig úgy tekintették, mint az emberiség számára előnyös, vagy semleges tényezőket. Arrhenius (1908), Chamberlin (1899) és később Callendar (1938) úgy vélték, hogy ezek a tényezők előnyösek az emberiség számára, mivel a légkör fölmelegedése lassítja a következő jégkorszak kialakulását. Az 1960-as évek végén és az 1970-es években a figyelem ismét az üvegházhatás antropogén okokra visszavezethető lehetséges növekedésére összpontosult. A korábbiaktól eltérően az ökoszisztémákra és a társadalomra gyakorolt potenciális hatásokat ekkor már károsnak minősítették.

A többi üvegház hatású gáz természetes és antropogén forrásait, valamint nyelőit is azonosították már, beleértve a nitrogén-oxidokat (NO_x), a halogénezett szénhidrogén vegyületeket (CFC-k), a metánt (CH₄) és a troposzférikus ózont. Azonban a sugárzási szempontból fontos nyomgázok, azaz a metán, a dinitrogén-oxid (N₂O) és a halogénezett szénhidrogén vegyületek csökkentik a sztratoszférikus ózon koncentrációját. Az üvegházgázok fokozott kibocsátása az ipari folyamatokra és a földhasználat változásaira vezethető vissza.

A klímaváltozás lehetséges kialakulása az elmúlt 30-40 évben fokozatosan került előtérbe és összekapcsolódott a környezetvédelem fogalmával. Az ENSZ Konferencia az Emberi Környezetről (Stockholm, 1972) a légszennyezés kérdését már tárgyalta, de a klímaváltozás szó nem fordult még elő a dokumentumokban.

A Környezet és Fejlődés Világbizottsága (Brutland Bizottság) „Közös Jövők” című jelentése, amely 1987-ben jelent meg, már elfogadta számos szakembernek azt a véleményét, hogy ok és okozati összefüggés van a légkörben lévő üvegházhatású gázok mennyiségének a növekedése és a klímaváltozási tendenciák, főleg a felmelegedés között. A nagy éghajlati világkonferenciák (Torontó 1988, Genf 1990) állásfoglalásai egyaránt szorgalmazták egy olyan energiapolitika kidolgozását és megvalósítását, amely csökkenti a légkörbe jutó CO₂ mennyiségét. A tudományos bizonytalanságok és kételyek ellensúlyozására formálódott a döntéshozóknak címzett „elővigyázottság elve”, amely szerint nem szabad megvárni a tudományos kételyek eloszlását, hanem kellő időben kell a döntéseket meghozni, mert elképzelhető, hogy amikor minden bizonytalanság megszűnik, már késő lesz.

1992-ben hozták létre az Éghajlatváltozási Keretegyezményt, amelynek célja az üvegházgázok légköri koncentrációjának biztonságos szinten történő stabilizálása. A megállapodást 165 ország írta alá.

Az ENSZ klímaváltozással foglalkozó kormányközi bizottságát az Éghajlatváltozási Kormányközi Testületet (IPCC) 1988-ban a Meteorológiai Világszervezet (WMO – World Meteorological Organization) és az ENSZ Környezetvédelmi programja (UNEP – United Nations Environment Programme) hozta létre. Az IPCC tudományos, értékelő tevékenységet folytat, de politikai célokat nem fogalmaz meg és nem is javasol. Feladata, hogy átfogó, objektív, nyitott és áttekinthető módon értékelje a világon zajló tudományos, szakmai, műszaki és társadalmi-gazdasági jellegű kutatás eredményeit, és azok segítségével egy átfogó, objektív és átlátható képet biztosítson az emberi faj okozta klímaváltozás kockázatairól, annak lehetséges hatásairól, illetve az alkalmazkodás és megfékezés lehetőségeiről. Rendszeres időközönként összefoglaló megállapításokat - értékelő jelentést állítanak össze a klímaváltozásról. [14]

A fosszilis üzemanyagok alkalmazásának visszaszorítására 2003-ban megalkották 2003/30/EK „bioüzemanyag irányelv”-et, amely az összes üzemanyag felhasználáson belül 2010-re 5,75%-os, 2020-ra pedig 10%-os kötelező felhasználási referenciaértéket ír elő az energiatartalom alapján.

2008 januárjában, az Európai Bizottság kötelező érvényű jogszabályi javaslatot tett a 3 X 20 százalékos cél elérése érdekében. Ezt az úgynevezett „klíma-energia csomagot” 2008 decemberében fogadta el az Európai Parlament és az Európa Tanács. A csomag határozott politikai intézkedéseket és célokat fogalmaz meg a klímaváltozás mérséklése érdekében.

A gyakorlati klímavédelem ma két fő területen folyó tevékenységet jelent:

1. Minden valószínűség szerint az elkövetkező évtizedekben az emberiségnek együtt kell élnie azzal, hogy a klíma globálisan és regionálisan egyaránt megváltozik és várhatóan egyre gyakrabban szélsőséges időjárási események lépnek fel. Ebből adódóan rendkívül fontos a klíma változása során létrejövő megnövekedett szélsőértékhatárok okozta negatív eseményhez történő alkalmazkodásra (adaptáció) stratégiákat, megoldásokat találni.
2. A klímaváltozást kiváltó üvegházhatású gáz emisszió nagy részéért az energiaelőállítás a felelős, ezen belül is a fő okozó a fosszilis energiahordozók elégetése. Ebből fakadóan nagy jelentőségűek az energiafelhasználás és az ebből fakadó üvegházhatású gáz-emisszió csökkentésére vonatkozó nemzetközi szerződések (mitigáció). A kibocsátás mérséklése leghatékonyabban a technológiai fejlesztések révén érhető el.

1.4.3 A klímavédelem főbb lehetőségei

- Feladatok az Európai Unióban

Az éghajlatváltozás lassítása, a civilizációt fenyegető katasztrofális változások elkerülése csak globális összefogással lehetséges, melyben minden nemzetnek feladatai vannak. Az IPCC 2007-ben közzétett Negyedik Értékelő Jelentése szerint az üvegházhatású gázok globális kibocsátását 2050-re az 1990-es érték 50%-ára kell csökkenteni ahhoz, hogy a földi átlaghőmérséklet emelkedése ne haladja meg a kritikus határnak tartott 2°C-os mértéket. Az éghajlatváltozással kapcsolatos nemzetközi megállapodásokkal összhangban, ennek a célnak az elérése érdekében, a fejlődő országoknak kisebb, a fejlett országoknak viszont nagyobb terhet kell(ene) vállalniuk.

Az Európai Bizottság ezzel összhangban fogadta el 2011. március 8-án a 2050-ig tartó dekarbonizációs útitervet. Ennek keretében az Unió 1990-hez képest 2050-ig 80%-os emisszió-csökkentésre vonatkozóan vázol fel kibocsátás-csökkentési pályákat és nevez meg ágazatonkénti célértékeket, – nem kötelező jelleggel. Európára vonatkozó becslések alapján a legnagyobb mértékű üvegházhatású gáz csökkentés a villamos energiaiparban és az építőiparban lenne kívánatos. Ugyancsak jelentős emisszió csökkentés szükséges az egyéb, nem CO₂-kibocsátású szektorokban (pl. hulladékgazdálkodás, mezőgazdaság területén) és végül a közlekedésben.

A költségek szempontjából fontos tényező a szükséges intézkedések, beruházások minél hamarabbi megkezdése, ugyanis az időben történő cselekvés esetén a költségek valószínűleg számottevően alacsonyabbak, mint azok késleltetett megvalósítása esetén.

- Feladatok Magyarországon

Alapvető nemzetstratégiai érdekünk, hogy megfelelő – a versenyképesség, a technológia-váltás és az éghajlatvédelem szempontjainak kiegyensúlyozott figyelembevételén nyugvó – magyarországi dekarbonizációs tervvel készüljünk az európai dekarbonizációs tehermegosztásra.

A karbonszegény gazdaság kialakítása nem csak technológiai váltást igényel. Lehetővé teszi egyfelől a tisztább, hatékonyabb, versenyképesebb gazdaság kialakítását - ugyanakkor mélyreható változásokat kell hozni a termelés, fogyasztás szerkezetében. Az éghajlatváltozás elleni küzdelem nem elválasztható a fenntartható emberi társadalmak felé való átmenet más fontos kihívásaitól.

A Hazai Dekarbonizációs Útitervnek (HDÚ-nak) a kulcsfontosságú ágazatok vonatkozásában kell felvázolnia a lehetséges 2050-ig tartó kibocsátás-csökkentési pályákat és meghatározni 2050-re, valamint a köztes mérőföldkövekre vonatkozóan ezen ágazatok üvegházhatású kibocsátását. [15]

Ahogy életvitelünket, úgy energiafogyasztásunkat is tudjuk tudatosan befolyásolni. A szemléletformálás, azaz az emberek gondolkodásmódjának, viselkedésének, mindennapi szokásainak megváltoztatása az első számú eszköz. A társadalom legszélesebb rétegeit – az iskolai oktatás, illetve a felnőttképzés bevonásával – kell környezettudatos fogyasztóvá tenni. A szemléletformálás kulcselemei az energiahatékonyság és az energiatakarékosság növelésének és a megújuló energiaforrások alkalmazásának ösztönzése. A társadalmi felvilágosítás nélkül az infrastrukturális fejlesztések önmagukban nem feltétlenül érik el a kívánt hatást az energiafogyasztásban.

Magyarországon jelentős energiamegtakarítási potenciál rejlik az energiapazarló épületek szigetelésében. A háztartási energiafelhasználás az EU-ban átlagosan a teljes energiafelhasználás 25%-a, Magyarországon 30-35%-a, ezért a lakosság az energiahatékonysági és megtakarítási célok elérése érdekében jelentős célcsoport. Az alacsony jövedelmű háztartások esetében különösen fontos az ösztönzés és a számukra is hasznosítható információk átadása. Nehézséget jelent, hogy az energiahatékonyságról szóló információk eljuttatása az alacsony jövedelmű célcsoportokhoz számos akadályba ütközik. Ez megoldandó feladat, hiszen az energiapazarló épületek és így a magas energiaköltségek ezen csoport számára jelentik a legnagyobb problémát. Továbbá csökkentési lehetőségek a már hatékonyak nem minősíthető fűtési és villamosenergia rendszerek korszerűsítésében, valamint a nagy energiaigényű elektromos berendezések cseréjében állnak.

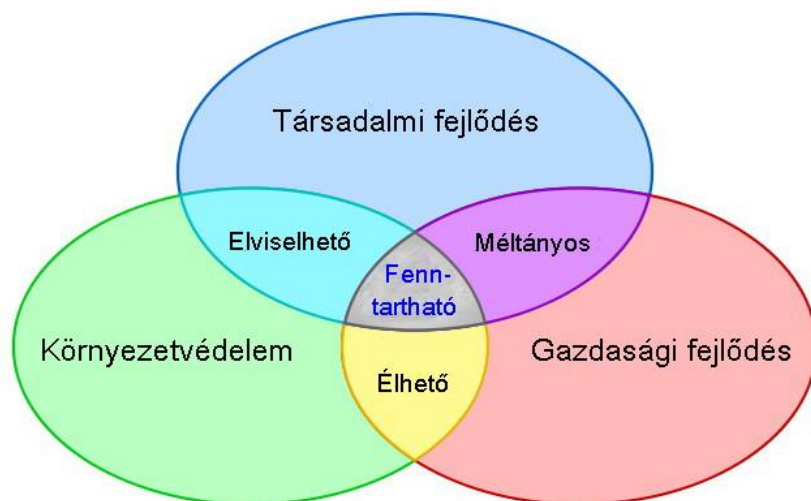
A Nemzeti Energiastratégia és az azt kiegészítő stratégiák releváns céljait figyelembe véve a szemléletformálás öt fő területe [16]:

- az energiahatékonyság és energiatakarékosság,
- a megújuló energia lakossági felhasználásának növelése,
- a közlekedési eredetű kibocsátás csökkentése,
- a megváltozott klímaviszonyokhoz való alkalmazkodás,
- az atomenergia társadalmi elfogadottságának növelése.

1.5 A fenntartható fejlődés fogalma

„A fenntartható fejlődés a fejlődés olyan formája, amely a jelen igényeinek kielégítése mellett nem fosztja meg a jövő generációit saját szükségleteik kielégítésének lehetőségétől”. A fogalom az ENSZ – Közös jövőnk, Brutland jelentésében jelent meg elsőként, 1987-ben.

A legegyszerűbb definíció szerint azonban a fenntartható fejlődés a gazdasági, társadalmi és környezetvédelmi érdekek harmonizációja. Köztük fennálló összefüggéseket a 8. ábra szemlélteti.



8. ábra: A fenntartható fejlődés három alappillére [17]

A társadalmi, gazdasági és környezeti problémák összehangolt megoldása csak egy megváltozott szemléletű, társadalomban képzelhető el. A fenntartható fejlődést szolgáló oktatásra úgy lehet tekinteni, mint egy folyamatra, melynek során az emberek megtanulnak személyes döntéseket hozni és bekapcsolódni a társadalmi döntéshozatali folyamatokba. Ennek során a döntések elősegítik a jelen és a jövő generációinak a jólétét, miközben nem veszélyeztetik a földi ökoszisztémák működőképességét.

Az ENSZ Európai Gazdasági Bizottsága (UNECE) az UNESCO-val együttműködve megalkotta és elfogadta „A tanulás a fenntartható fejlődés érdekében” stratégiát az EU régió számára. A stratégia célja, hogy a fenntarthatóság elvei, céljai, módszerei, az ezzel kapcsolatos értékek

jelenjenek meg életünk minden színterén, az iskolában, munkahelyen, otthon és a különböző közösségekben.

A világ népessége helyzetének stabilizálása kulcsfontosságú a fenntartható fejlődés megvalósításának útján. 2014-ben a Föld népessége átlépte a 7 milliárdot az 1990-es évek közepétől évi átlagos 78 millió fő növekedéssel. A 100 milliós, vagy az azt meghaladó számú népességű országok között ott találjuk Kínát, Indiát az Egyesült Államokat, Indonéziát, Brazíliát, Pakisztánt, Oroszországot, Bangladeszt, Japánt, és Nigériát. A népességnövekedés 98%-a a világ legfejletlenebb régióiban várható, leggyorsabb ütemben Afrikában.

A természeti erőforrások azonban korlátozottan állnak rendelkezésre és a természeti erők már elkezdtek az emberi népesség létszámának szabályozását az alultápláltság és a betegségek növekedésén keresztül. Korlátozott a vízhez, a talajhoz, a termőföldhöz, az ásványi anyagokhoz, üzemanyagokhoz és sok más természeti erőforráshoz való hozzájutás lehetősége.

Az emberi népesség földrajzi eloszlása tekintetében igen nagy változásokon ment keresztül a 20. század folyamán. 1900 és 1990 között Dél-Amerika északi részének lakossága 214 millióval, vagyis 681 százalékkal növekedett, míg az átlagos, globális népességnövekedés 3700 milliónyi, vagyis 236 százalékos emelkedést mutatott. [18]

Felhasznált irodalom

[1] Gelencsér A.; Molnár Á.; Imre K. (2012):Az éghajlatváltozás okai és következményei. Pannon Egyetem. Digitális Tankönyvtár.

<http://mkweb.uni-pannon.hu/tudastar/ff/02-eghajlat/Eghajlat.xhtml>

[2] Hidroszféra. Wikipédia. A szabad enciklopédia.

<http://hu.wikipedia.org/wiki/Hidroszf%C3%A9ra>

[3] Budai T. és mtsai: Földtudományi alapismeretek. Pécsi Tudományegyetem. Egyetemi jegyzet.

<http://tamop412a.ttk.pte.hu/files/kornyezettan9/www/out/html-chunks/ch16.html>

[4] Szatmári J. (szerk.) (2013): Modellek a geoinformatikában. Szegedi Tudományegyetem. Egyetemi jegyzet.

<http://www.geo.u-szeged.hu/~joe/pub/Tamop/Jegyzet/ch05s03.html>

[5] http://nol.hu/tud-tech/20110219-mikor_valt_az_iranytu_-985451

[6] Szépszó G.: Éghajlati modellezés

http://nimbus.elte.hu/~numelo/Doc/2009_2010_mat/Klima_globalis.pdf

[7] Éghajlat. Világlexikon

<http://www.vilaglex.hu/Lexikon/Html/Eghajlat.htm>

[8] http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/pics/kottek_et_al_2006.gif

[9] Globális felmelegedés. Wikipédia. A szabad enciklopédia.

http://hu.wikipedia.org/wiki/Glob%C3%A1lis_felmeleged%C3%A9s

[10] Klímamodellek. Wikipedia. A szabad enciklopédia.

<http://www.wikipedia.org/wiki/Kl%C3%ADmamodellek>

[11] High Scholl Earth Science: World Climates, Ecosystems and Human Populations

http://en.wikibooks.org/wiki/High_School_Earth_Science/Climate_Change

[12] N. Collins S., S. James R., Ray P., Chen K., Lassman A. and Brownlee J.: Grids in Numerical Weather and Climate Models. Department of Marine and Environmental Systems, Florida Institute of Technology, Melbourne, FL, USA

<http://www.intechopen.com/books/climate-change-and-regional-local-responses/grids-in-numerical-weather-and-climate-models>

[13] IPCC 2001

[14] Katona G. (2008): A globális felmelegedés világgazdasági következményei. Szakdolgozat. Budapest.

http://greenfo.hu/uploads/szakdolgozatok/Katona_Gabriella_Szakdolgozat.pdf

[15] Nemzeti Alkalmazkodási Központ (2013): Az éghajlatváltozás kockázatainak csökkentése (mitigáció): kényszer és lehetőség.

<http://klimadialogus.mfgi.hu/hu/content/eghajlatvaltozas-kockazatainak-csokkentese-mitigacio-kenyszer-lehetoseg>

[16] Nemzeti Fejlesztési Minisztérium (2013): Az Energia- és klímatudatossági Szemléletformálási Cselekvési Terv hatásvizsgálata.

http://magyaryprogram.kormany.hu/download/c/41/70000/AROP1119_Szemleletformalasi-CsT_hatasvizsgalat.pdf

[17] Fenntartható fejlődés. Wikipedia. A szabad enciklopédia.

http://hu.wikipedia.org/wiki/Fenntarthat%C3%B3_fejl%C5%91d%C3%A9s

[18] Ramankutty, N., J. A. Foley, and N. J. Olejniczak, People on the land: Changes in Population and Global Croplands During the 20th Century, *Ambio*, 31 (3), 251-257, 2002.

2. Az légkör szerkezete és szennyezői

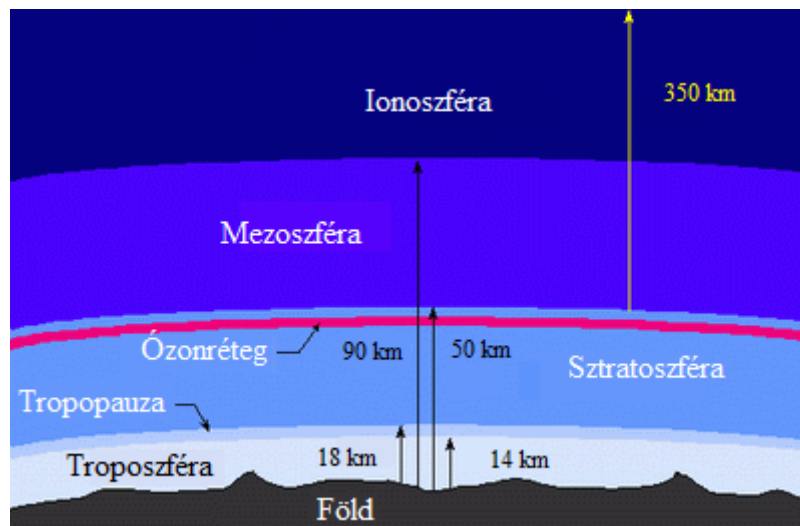
2.1 A légkör szerkezete

A légkör vagy atmoszféra egy égitest felszínét körülvevő gázburok. Felső határa nem egyértelműen meghatározható, legkülső rétege éles határ nélkül megy át a bolygóközi térbe. A légkört a gravitáció tartja meg az égitest körül, nagyságát a gravitáció erőssége és a felszíni hőmérséklet is befolyásolja. [1]

A Föld légkörét összetétel alapján két nagy részre oszthatjuk:

- homoszféra: a légkör nagy részét (alsóbb rétegeit) kiteszi, homogén összetételű,
- heteroszféra: héliumot, illetve a legkülső rétegben hidrogént tartalmaz.

A légkört termikus jellemzői alapján is feloszthatjuk (9. ábra).



9. ábra: A légkör szerkezete [2]

- Troposzféra

A Föld légkörének legalsó, legsűrűbb rétege, a légkör teljes tömegének 75-80%-át teszi ki. A legtöbb időjárási jelenség (felhő- és csapadékképződés, szél stb.) ebben a rétegben történik. A földfelszín egyenetlenségei a felszín közvetlen közelében, az ún. határrétegben erősen befolyásolják a felszínnel párhuzamos légmozgást, azaz a szelet. A legnagyobb sebességű légmozgások a troposzféra legfelső részén fellépő futóáramlások (jet stream). A futóáramlás hullámaiból hatalmas, magas nyomású légörvények (anticiklonok), ill. alacsony nyomású képződmények (ciklonok) válnak le. Ezek nagy hatással vannak a mérsékelt öv időjárására. Az

anticiklonokban uralkodó leszálló légáramlás száraz időt hoz, a mérsékeltövi ciklonok frontrendszerének jellegzetes csapadékszintjei vannak.

Függőleges irányban a levegő hőmérséklete, sűrűsége és nyomása is csökken, egészen a troposzféra felső határáig, a tropopauzáig. A tropopauza tengerszint felett 7-17 km magasságban húzódik. A tropopauza mindenkori helyzetét az adott hely földrajzi szélessége, valamint az szabja meg, milyen évszak és napszak van. Az Egyenlítő mentén van a legmagasabban, kb. 17-20 km-en. A sarkok közelében és télen a legalacsonyabb a helyzete, kb. 7-8 km-en figyelhető meg. A mérsékelt övben átlagos magassága 12-15 km. A tropopauzában már igen hideg van: -55°C körüli hőmérséklet. Néha a sztratoszférából lejuthatnak légtömegek a tropopauzába, amit lekeveredésnek nevezünk.

- Sztratoszféra

A sztratoszféra a tropopauza és a sztratopauza között található, kb. 85 km magasságig tart. Már a sztratoszféra alsó részében is kb. ezerszer ritkább a levegő, mint a troposzféra alsóbb rétegeiben, a tengerszint közelében, a sugárhajtású repülőgépek ezért ott tudnak a leghatékonyabban előrehaladni. A sztratoszférában a hőmérséklet felfelé haladva emelkedik. A levegő rétegződése stabil, függőleges légmozgás nem alakul ki benne. Ezért a korábban a sztratoszférába jutott anyagok (pl. a szórófejekből kibocsátott hajtógázok, a halogénezett szénhidrogének) igen sokáig ott tartózkodnak, s hatásuk az egész Föld éghajlatára kihat. Vízzintes áramlások viszont előfordulnak. A sztratoszféra száraz levegőjében felhők se képződnek, kivéve a sarki sztratoszféra-felhőket, amelyek 15-25 km magasságban jelennek meg, ha ott a hőmérséklet -78°C alá süllyed.

A sztratoszférában a Nap ultraibolya sugárzásából származó energia hatására az oxigénmolekulák egy része felbomlik, és háromatomos oxigénmolekulákká (ózonná) alakul. Így jön létre a védelmet adó ózonréteg, amely megakadályozza a káros, rövid hullámhosszú sugárzás lehatolását a Föld felszínére. A sztratoszféra-felhők azonban elősegítik az ózont tisztító kémiai folyamatokat, az „ózonlyuk” kialakulását.

- Mezoszféra

A mezoszféra a földi légkör 50-90 km közötti rétege. Felső határát a mezopauza jelöli ki. A meteorok nagy része a mezoszférába jutva ég el. A mezoszférában a hőmérséklet felfelé csökken, a tetején van a leghidegebb az atmoszférában, akár -90°C is lehet. Ugyanakkor ebben a rétegben is jelentősek a hőmérséklet évszakai különbségei. Az Északi- és a Déli-sark felett a mezoszférában néha világító felhők jelennek meg. A mezoszféra a légkör legkevésbé ismert rétege.

- Termoszféra

A mezopauzát a felszíntől kb. 90 km távolságban, a termoszféra váltja fel. Hőmérséklete időben változó, erősen függ a Nap tevékenységétől. Napközben a hőmérséklet 200°C-kal melegebb, mint éjszaka. A napfolttevékenység csúcsán pedig akár 500°C-kal is forróbb lehet, mint máskor. A felső termoszféra hőmérséklete így 500-2000°C között ingadozik. A magas értékek azonban félrevezetőek, mivel a légkör ebben a rétegben már olyan ritka, hogy a levegő molekulái alig ütköznek egymással. A termoszféra felső határa, a termopauza erősen ingadozó magasságban, 500-1000 km között található.

A nemzetközi űrállomás és számos műhold a termoszférában kering a Föld körül. A hőmérséklet-különbségek miatt a termoszféra sűrűsége is erősen változó. Ezek az eltérések befolyásolják a műholdak pályáit, amelyeket ezért állandóan ki kell igazítani.

- Exoszféra

A légkör legritkább, külső burka az exoszféra. A világűr felé tulajdonképpen nincs is határa, mert a könnyű légköri gázok, mint a hidrogén és a hélium, rendszeresen megszöknek belőle az űrbe, ill. érkeznek is onnan a napszéllel. Elméletileg mégis kb. 2000 km magasságban szokták meghúzni a földi légkör külső határát. A Föld mágneses tere azonban még több tízezer km-ig fogva tartja a részecskék egy részét, így keletkezik az aszimmetrikus alakú magnetoszféra.

- Ionoszféra

A légkör legnagyobb részében a gázok semleges atomok, molekulák formájában fordulnak elő. A Nap ionizáló sugárzása hatására azonban kb. 50 km felett több olyan réteg alakul ki, amelyeknek részecskéi elektromos töltéssel rendelkeznek. Ezek a napszakok szerint változó, ionokban, szabad elektronokban feldúsuló rétegek alkotják az ionoszférát. Az ionoszféra rétegei sok energiát nyelnek el, ezért emelkedik a hőmérséklet a termoszférában. Ezeknek a rétegeknek gyakorlati jelentőségük is van: hatnak a Föld mágneses terére és befolyásolják a közepes és hosszú rádióhullámok terjedését is.

A szakemberek a légköri gázokat két fő szempont szerint csoportosítják:

- a légkörben való tartózkodási idejük,
- mennyiségük és térfogaton belüli arányuk szerint.

Azokat a gázokat, amelyek mennyisége hosszú távon változatlan marad, állandó gázoknak nevezzük. Azokat a légköri gázokat, amelyek mennyisége viszonylag rövid időn belül, néhány hónap, év vagy évtizeden belül változik (4 hónaptól 15 év), változó gázoknak hívjuk. A harmadik csoportba az erősen változó gázok tartoznak (max. 14 nap), melyeknek néhány nap alatt is jelentősen megváltozhat mennyisége, sűrűsége. Az egyes csoportokhoz tartozó fontosabb gázok a 3. táblázatban kerültek felsorolásra.

Az állandó, fő összetevőket tartalmazó gázok mellett megkülönböztetünk kisebb koncentrációjú nyomgázokat is.

3. táblázat: **Gázok csoportosítása [3]**

Állandó gázok és térfogatszázalékuk	Változó gázok és térfogatszázalékuk	Erősen változó gázok és térfogatszázalékuk
Nitrogén (N ₂) 78,084%	Szén-dioxid (CO ₂) 0,032%	Vízgőz (H ₂ O) 0-4%
Oxigén (O ₂) 20,946%	Metán (CH ₄) 2x10 ⁻⁴	Ammónia (NH ₃) 0-2x10 ⁻⁶
Argon (Ar) 0,934%	Hidrogén (H ₂) 5x10 ⁻⁵	Kén-dioxid (SO ₂) 0-2x10 ⁻⁷
Neon (Ne) 1,818x10 ⁻³	Dinitrogén-oxid (N ₂ O) 2,5x10 ⁻⁵	Kén-hidrogén (H ₂ S) 0-2x10 ⁻⁷
Hélium (He) 5,24x10 ⁻⁴	Ózon (O ₃) 0-5x10 ⁻⁶	Szén-monoxid (CO) 0-2x10 ⁻⁵
Kripton (Kr) 1,14x10 ⁻⁴		
Xenon (Xe) 8,7x10 ⁻⁶		

Nyomgáz komponenseknek azokat a részecskéket nevezzük, amelyek térfogatszázaléka nem éri el a levegő 0,1%-át. A nyomanyagok fontos szerepet játszanak számos légköri folyamatban, mint például a felhőképződés, a sugárzások elnyelése. A nyomgázok tartózkodási ideje néhány naptól évekig terjedhet. Egy gáz légköri tartózkodási idejének azt az időt nevezzük, amelyet az adott gáz molekulái a légkörben töltenek bekerülésük és onnan való kikerülésük között. Tekintettel arra, hogy például a levegő szennyeződése folyamatosan történik ez egy örök körforgásnak fogható fel. A kén-dioxid tartózkodási ideje a légkörben 5 nap, a szén-dioxidé nagyon változó 4-85 év.

2.2 A légszennyező anyagok forrásai

A légszennyező anyagok eredetük szerint származhatnak természetes vagy mesterséges forrásokból. A természetes eredetű szennyezők közé tartoznak a hidroszféra által termelt nagy mennyiségű aeroszol. Ilyen anyagok pl. a Na⁺, K⁺, klorid-, szulfid-, illetve ezek vegyületei, amelyek a hullámverések során a levegőbe került vízcseppek beszáradása által jutnak a légtérbe. A nagy vízfelületek /óceánok, tengerek/ élővilága szintén hatalmas mennyiségű anyagcsere-terméket juttat a szabad légtérbe. Ezen anyagok egy része jól-rosszul oldódik a vízben, másik része pedig távozik a légkörbe, a legjelentősebb ilyen szennyező a szén-dioxid.

Természetes eredetű szennyezők még a kozmikus, a sivatagi és a vulkanikus porok, gázok, gőzök. Meg kell említeni az erdőtüzeket is, mint a korom és a karcinogén szénhidrogének levegőbe juttató forrását. További szennyezőanyagok az élőlények anyagcsere termékei, valamint a talajok, kőzetek pora, melyek ásványokból, karbonátokból, szulfátokból, oxidokból áll.

A nem természetes szennyezők között a közlekedés, az ipar, a mezőgazdaság és a lakosság által okozott szennyező hatásokat kell számba venni. Meg kell említeni ezek arányánál, hogy a közlekedés okozta légszennyezés hatása jelentősebb, mint az ipar és a háztartások együttes hatása, ezen belül pedig, ha nem is elenyésző, de nagyságrenddel kisebb a háztartások légszennyező hatása, mint az ipari eredetű légszennyezés.

Egy anyagot, mint szennyezőt legkönnyebben szagával, színével, anyagával (porszennyezés), kölcsönhatásaival jellemezhetjük, mellyel zavarja a környezetet, az élőlényeket.

Léteznek olyan mérges gázok, melyek nehezen ismerhetők fel, ilyen a szén-monoxid és a cian (HCN), melyek színtelenek és nagyon gyenge a szaguk. A szén-dioxid nem mérgező gáz, viszont mivel nehezebb a levegőnél, például egy (boros) pincéből kiszorítja a levegőt, melynek hiányában megfulladunk. Hasonlóan nehezen érzékelhető légszennyező anyag például a mérgező ólom, vagy a rákkeltő (iparból, hulladékégetésből származó) dioxinok, a PCB-k.

Ezen kívül, léteznek olyan anyagok, melyeknek semmilyen közvetlen káros hatásuk nincs az ökológiai rendszerekre, az egészségre, de a föld nagy rendszereit megzavarják. Ilyenek például a freongázok, melyek az ózonpajzsra gyakorolt káros hatásukat csak 20 kilométerrel a felszín felett, a sztratoszférában fejtik ki. Ilyen anyag a szén-dioxid is, ami a föld hőegyensúlyát befolyásolja.

Az egyes üvegházgázok globális felmelegedéshez való hozzájárulását a globális felmelegedési potenciál (GWP: Global Warming Potential) segítségével fejezik ki. Ez egy relatív skála, amelyenél a légkörben legnagyobb mennyiségben (koncentrációja közel 400 ppm) jelenlévő üvegházgáz, a szén-dioxid melegítő potenciálját 1-nek veszik, és a többi gázét ehhez viszonyítják. Meghatározott idő intervallumra, általában 100 évre számítják ki az értékeket, lásd 4. táblázat. A metán esetében a GWP érték 23-szor nagyobb, mint a CO₂-é.

4. táblázat: Üvegházhatású gázok globális felmelegedési potenciálja [4]

Üvegházhatású gáz	Tartózkodási idő [év]	GWP különböző időskálán		
		20 éves	100 éves	500 éves
CO ₂	változó	1	1	1
CH ₄	10,8	67	23	6,9
N ₂ O	114	291	298	153
HFC-134a	14	3830	1430	435
HFC-23	270	12000	14800	12200
SF ₆	3200	16300	22800	32600

- Szén-dioxid

A szén-dioxid (CO₂) színtelen, szagtalan gáz, amely természetes alkotóeleme a föld légkörének. A földtörténet során a légköri szén-dioxid koncentrációja folyamatosan változott, s ezek a változások meleg időszakokhoz és jégkorszakokhoz, továbbá a tengerszint jelentősebb változásaihoz kapcsolódtak. Az emberi tevékenység eredményeként a légköri szén-dioxid mennyisége 40%-kal növekedett az ipari forradalom kezdete, azaz a 18. század második fele óta, jelenleg közel 400 ppm. Koncentrációja erős évi ciklust mutat, melyet a fotoszintézis évi ciklusa idéz elő az Északi félgömbön.

A légkör szén-dioxid tartalmát 1957 óta folyamatosan és pontosan mérik a Mauna Loa vulkáni hegyén működő meteorológiai obszervatóriumban, Hawaii szigetén. Korábbi becslések a jégbe zárt levegő buborékok elemzésével állnak rendelkezésre. A szén-dioxidnak elsődleges szerepe van a globális fölmelegedésben.

A nem természetes eredetű szén-dioxid-kibocsátásért a következő emberi tevékenységek a felelősök:

- Fosszilis tüzelőanyagok égetése: ennek forrása elsősorban az ipar, főleg a hőerőművek és a közlekedés. A magyarországi energiatermelés mintegy 82%-a fosszilis energiahordozók égetéséből származik. A szén elégetéséből származik a legtöbb szén-dioxid egy energiaegységre átszámítva, azután következik az olaj. A természetes gáz a legtisztább e tekintetben.
- Cementgyártás: a cementgyárak szén-dioxid kibocsátása kettős, egyrészt hatalmas a cementgyár áramigénye, amely előállításánál CO₂ kerül kibocsátásra, másrészt pedig a mészkő dekarbonizációja (kiégetése) során a karbonátból szén-dioxid keletkezik:



Minden egyes tonna előállított cement 830 kg szén-dioxid felszabadulásával jár együtt. [6]

- Hulladékégetés: a szén-dioxid a normál és veszélyes hulladékok égetése során keletkezik, valamint illegális hulladékégetésből szabadul fel jelentős mennyiség.
- Hulladék lebomlása: a hulladéklerakón elhelyezett hulladék bomlása közben keletkezik.
- Biomassza égetése: növények, termékek, mezőgazdasági melléktermékek, növényi hulladékok égetéséből származik.
- Közlekedés: a közúti közlekedés, valamint a légiközlekedés a legnagyobb kibocsátók.

- Metán

A metán (CH₄) színtelen szagtalan gáz, jelentős üvegházhatással bír. Mennyisége az ipari forradalom kezdete óta mintegy másfélszeresére nőtt: az iparosodás előtt 715 ppb (parts per billion) volt a koncentráció, jelenleg pedig mintegy 1775 ppb. A légkör metántartalma 0,8-1%-os évi növekedést mutat. [5] A metán koncentrációjának a növekedése összhangban van a népesség növekedésének a mértékével.

A metán elsődleges forrásai:

- Állattartás: zömmel a kérődző állatok emésztése, valamint a trágya lebomlása során keletkezik.
- Szénhidrogének bányászata: a szénhidrogén-bányászat leggyakoribb kísérő gáza, ami a bányászat során kerül a légkörbe. De említésre érdemes a gázvezetékek szivárgásai is.
- Talajművelés és rizstermesztés: a rizst vízben termesztik, és a vízben élő anaerob (oxigént nem igénylő) mikroorganizmusok felelősek a metán kibocsátásáért. Mivel a rizs alapvető élelmiszer a Távol-Keleten, s a nagy népesség miatt hatalmas területeken termesztik, ami jelentős kibocsátással jár.
- Hulladéklerakók: a lerakón elhelyezett hulladékok bomlása során szabadul fel. A modernebb lerakókon a metángázt összegyűjtik, és vagy gázfáklyán elégetik, vagy fűtésre használják fel.

Ezen túlmenően a metánkibocsátásnak természetes forrásai is vannak, mint pl. a természetes és a lápvidékek, melyekre ugyancsak az emberi tevékenység van hatással.

- Dinitrogén-oxid

A dinitrogén-oxid (N_2O) színtelen, nem gyúlékony gáz, melynek kellemes édeskés íze és szaga van. A sebészetben és a fogászatban anesztetikus és analgetikus hatását használják. A belsőégésű motorok üzemanyagához keverve nagyban növeli a motorok teljesítményét oxidáló hatása miatt, ami fokozza az égést. [7]

Az ipari forradalom óta a dinitrogén-oxid légköri koncentrációja 17%-kal, 270 ppb-ről 320 ppb-re nőtt, ami nem tűnik jelentősnek, viszont a GWP értéke a szén-dioxid 314-szerese. [6]

Főbb forrásai [5]:

- Talajművelés: a műtrágyák széleskörű és egyre növekvő alkalmazása következtében.
- Trópusi erdőirtás: az erdőnek legelővé vagy megművelt területté történő átalakítását követően.
- Energetika: belső égésű motorok égéstermékeként és a biomassza elégetése során keletkezik.

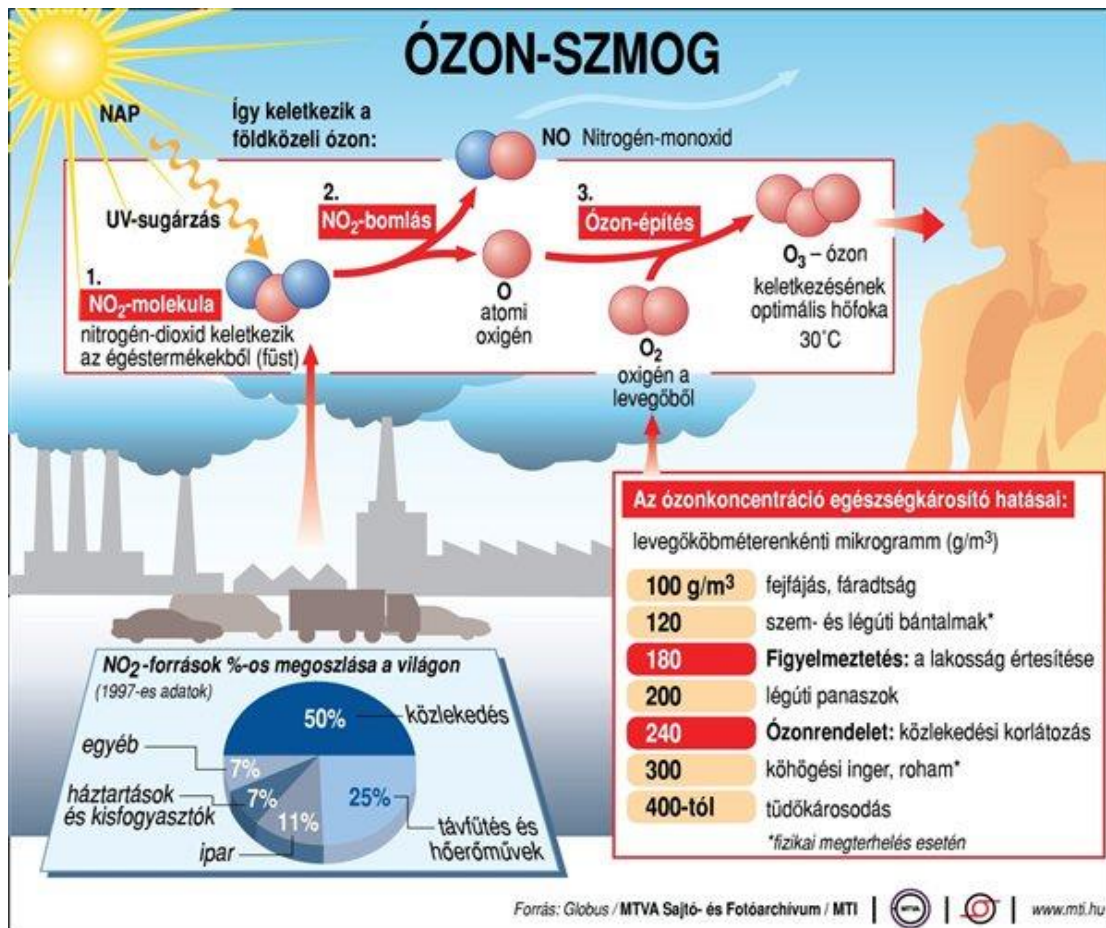
- Ózon

Az ózon (O_3) három oxigén atomból álló, kékes színű, jellegzetes szagú, nagyon mérgező gáz. A szagára jellemző, hogy még 500 ezerszeres hígításban is érezhető. Igen erőteljes oxidálószer,

könnyen bomlik, és a belőle felszabaduló atomos oxigén agresszívan reagál környezetével. Ezért fertőtlenítésre, fehérítésre és ivóvíztisztításra is használják.

A sztratoszférában előforduló ózonpajzs (20-22 km magasságban) elnyeli a Naptól érkező ibolyántúli sugárzás jelentős hányadát. Azonban a troposzférikus (talajközeli) ózon káros egészségügyi hatásokat okoz. Közvetlenül árt a növényeknek, oxidálja, pusztítja azok zöld leveleit, virágait. Gátolja a fotoszintézist és a gyökérlégzést, ami szintén a növény pusztulásához vezethet. Már 60 ppm ózon a felére csökkenti a fotoszintézis mértékét egyes növényeknél.

Az ózon a szmog fő komponense is egyúttal, másodlagos légszennyező, amely napfény hatására keletkezik a kipufogógázokból. A folyamatot a 10. ábra szemlélteti. Az ózon koncentrációja a levegőben ca. 0,04 ppm. Az ózonnak felszíni természetes vagy antropogén forrása nincs. Kémiai reakciók révén keletkezik a légkör alkotóelemeiből. Az ózonkeletkezés folyamata azonban a sztratoszférában és a felszín közelében lényegesen eltér egymástól. A sztratoszférában a Nap ultraibolya sugárzásának hatására a levegő oxigénmolekulái atomokra bomlanak. Egy-egy oxigénmolekula és oxigénatom reakciójával ózon keletkezik. Az ózonképződésben más anyagok is részt vesznek (nitrogén-oxidok, metán, stb.); ezek jelentősége azonban kisebb.



10. ábra: Az ózon keletkezésének folyamata [8]

A troposzféra ózontartalma részben a sztratoszférából származik. Ide éppen a sztratoszférikus ózon szűrőhatása miatt nem jut el az a sugárzástartomány, amely képes lenne előidézni az oxigénmolekulák elbomlását. A természetes és antropogén forrásokból származó nitrogén-dioxid fotodisszociációja nitrogén-monoxidra és oxigénatomra azonban lehetséges. A természetes és antropogén forrásokból származó szénhidrogének oxidációja során peroxigyökök (szabad elektronnal rendelkező atomcsoportok) keletkeznek, amelyek a fotodisszociáció során létrejött nitrogén-monoxidot nitrogén-dioxiddá oxidálják és ennek felbomlásával újabb ózonomolekulák keletkezésére nyílik lehetőség.

Ahol jelentős az ózontépződéshez szükséges anyagok kibocsátása, ott számottevően megnő az infravörös tartományban is elnyelési sávokkal rendelkező és így üvegházhatású ózon troposzférikus koncentrációja. Nem véletlen tehát, hogy jelentős ózonkoncentráció-emelkedést elsősorban Európában és Észak-Amerikában figyeltek meg. Európában a felszínközeli légréteg ózonkoncentrációja az elmúlt 100 év során megkétszereződött. A megnövekedett troposzférikus ózonkoncentráció számottevően hozzájárul az üvegházhatás erősödéséhez. Ezt a hatást nem egyenlíti ki a sztratoszférikus ózommennyiség utóbbi egy-két évtizedben megfigyelt csökkenése. [5]

- Halogénezett szénhidrogén vegyületek (CFC-gázok)

A halogénezett szénhidrogén vegyületeket az 1920-as években fedezték föl, oldószerként, hűtőszekrények hűtőfolyadékaként, tűzoltókészülékek hajtóanyagaként, valamint aeroszol spray-k és habok hajtóanyagaként használják.

A CFC-gázok kémiai szempontból közömbösek az alsó légköri folyamatokra, beleértve a kémiai reakciókat is, melyek lehetővé teszik a számukra, hogy elérjék a sztratoszférát. A CFC-gázoknak hosszú - a becslések szerint 60-200 év közötti - a légköri tartózkodási idejük. A sztratoszférában fotodisszociációnak vannak kitéve, amely után a szabad klóratom egyesül és újraegyesül az ózonnal és más vegyületeket képez. Ez a folyamat a CFC-gázokt igen hatékony "ózonfaló"-vá teszi. Ózontartó szerepükön túlmenően a CFC-gázok jelentős mértékben elnyelik a hosszuhullámú sugárzást, ezáltal fokozzák az üvegházhatást. [5]

Felismerve a CFC gázok rendkívül jelentős károsító hatását, 1987-ben megszületett a Montreali Jegyzőkönyv, melyben az ózont károsító anyagok gyártását, kibocsátását szabályozzák. Magyarország 1989-ben csatlakozott a Montreali Jegyzőkönyvhöz, 2010-ig az összes freon vegyületet, így a lágy freonokat is ki kellett vonni a forgalomból. A szabályozásoknak köszönhetően a károsító gázok kibocsátása jelentős mértékben visszaszorult, azonban az idáig kibocsátott mennyiség még jelentős ideig a légkörben fog maradni, így az ózonréteg regenerálódása a WMO becslése alapján csak 2050 utánra várható.

- Kén-hexafluorid

A kén-hexafluorid (SF_6) színtelen, szagtalan, nem mérgező és nem gyúlékony gáz. Mivel tipikusan apoláris gáz, vízben alig, de apoláris szerves oldószerekben jól oldódik. A levegőnél ötször nagyobb sűrűsége és jóval nagyobb villamos szilárdsága (az 1-6 bar nyomástartományban kb. 2,5-3-szoros) miatt nagy zárlati teljesítményű hálózatok megszakítóiban alkalmazzák gáztöltetként. [9]

Az IPCC állásfoglalása szerint az SF_6 az üvegházhatású gázok sorában a hat első között van: globális felmelegedési potenciálja (GWP) a CO_2 23 000-szerese. Az SF_6 tartózkodási ideje a légkörben 1000 év.

Az új európai F-gáz rendelet (2007) kötelezővé teszi a nagyobb, SF_6 -gáztartalmú rendszerek rendszeres ellenőrzését és a károsanyagkibocsátás lehető legszélesebb körű megelőzését a karbantartás, újratöltés és szétszerelés során.

- Olefinek

Az egyszeresen telítetlen alifás szénhidrogének csoportja. Az alifás szénhidrogének nyílt láncú vagy elágazó láncú telített és telítetlen szénhidrogének, azaz szénből és hidrogénből álló vegyületek, pl. paraffinok, olefinek. A paraffinok más néven alkánok, telített szénhidrogének, melyekben az összes szénatom egyszeres kötéssel kapcsolódik, pl. hexadecán ($C_{16}H_{34}$). Az olefinekben, más néven alkéneknél vannak olyan szénatomok, melyek kettős kötéssel kapcsolódnak, pl. a hexadecén ($C_{16}H_{34}$) egy kettős kötést tartalmaz, a butadién (C_4H_6) kettőt. [10] Az olefinekben található kettős kötés (telítetlenség) következtében lényegesen nagyobb a reakcióképességük, mint a telített paraffinoknak. Egyes szakértők szerint az olefineknek szerepük van az ún. talajközeli ózonzépződésben, ezért a benzinek olefintartalmát korlátozzák. A szén-hidrogének keletkezésének elsődleges forrása a közúti közlekedés.

- Aeroszolok

Aeroszoloknak a levegőben, mint közegben diszpergált állapotban előforduló, folyékony vagy szilárd halmazállapotú 0,001 és 10 mikrométer közötti átmérővel rendelkező részecskéket nevezzük. Az aeroszol részecskék élettartama néhány perctől akár több hónapos időtartamig terjedhet, a részecskék méretétől és tömegétől függően. PM10-nek a 10 mikrométernél, PM2.5-nek a 2,5 mikrométernél kisebb részecskéket hívjuk. Az egészségre gyakorolt káros hatásuk függ a méretüktől, a nagyobb méretű szemcsék fennakadnak az orrunkban, míg az egészen kicsik lejutnak a tüdő mélyére.

A légköri aeroszolok képződésében nagy szerepe van a gépjárműforgalomnak. A dízel üzemű járműveknek számottevő az aeroszol kibocsátása, de a kerekek is felferik a port. A városi aeroszolok összetétele nehezen meghatározható, a részecskékre rátapadnak egyéb szennyezők pl.: PAH-ok, nehézfémek, korom, szerves anyagok, azbeszt. Nagy részük rákkeltő hatású.

Pernyének a levegő által szállított szilárd részecskéket nevezzük, amelyek szén vagy más szilárd tüzelőanyag égetésével keletkeznek. Az aeroszolok származhatnak erdőpusztításból, tarlóégetés füstjéből is.

Az aeroszolok nem fokozzák az üvegházhatást, sőt azáltal hűtik a klímát, hogy szórják, s visszaverik a napsugárzást, s megakadályozzák, hogy a közvetlen napsugárzás elérje a felszínt, a felhőképződés számára kondenzációs magvakként szolgálnak. Gyakran maguk a felhők is hűtő hatásúak, erősen iparosodott régiókban az aeroszol hűtő hatása semlegesítheti az üvegházgázok feldúsulásából származó csaknem összes melegítő hatást.

Az aeroszol részecskék mennyisége jelenleg stabilizálódik, vagy csökken, mert a súlyos egészségügyi hatások miatt az egész világon törekszenek a kibocsátás mérséklésére. Ugyanakkor az üvegházhatású gázok aránya tovább növekszik a légkörben - a CO_2 -tartalom például közel évi 2 százalékkal! Ráadásul az aeroszol részecskék legtöbbször csak néhány napig-hétig marad a levegőben, míg a legtöbb üvegház-gáz tartózkodási ideje száz évnél is több.

2.3 Emisszió és imisszió fogalma, határértékek

Az emittálás az a folyamat, amelynek során szennyező anyagok kerülnek a légkörbe, az emisszió pedig az a szennyezőanyag mennyiség, amelyet a szennyezőforrás időegység alatt a légkörbe juttat. Emissziós határérték alatt az adott telephely, adott légszennyező forrására, adott légszennyező komponensére vonatkozó azon kibocsátási küszöbértéket értjük, melyet jogszabály alapján az illetékes hatóság határoz meg. Az emissziós folyamatokat az időjárási helyzet, számos fizikai és kémiai tulajdonság, továbbá antropogén kibocsátás esetén technológiai paraméterek is befolyásolják.

A légkörbe kerülő anyagok tulajdonságaik és a légköri viszonyok függvényében különböző távolságokra juthatnak a kibocsátó forrástól. A szennyező anyagok légköri terjedését transzmisszióknak nevezzük.

Az immisszió a környezeti levegőben (2008/50/EK irányelv szerint a troposzférán belüli szabadtéri levegő, kivéve a 89/654/EGK irányelvben meghatározott munkahelyeket) kialakult szennyezőanyag koncentráció. Az immissziós határérték az egyes szennyezőanyagok megengedett legnagyobb koncentrációja a környezeti levegőben, melyet országos szabvány határoz meg. A környezeti levegő állapotáért felelős hatóság a tisztiorvosi szolgálat.

Az immisszió értékelése az érvényben lévő levegőminőségi határértékek szerint történik. Ez alapján rendelhető el szmogriadó.

A határértékek a következők [11]:

- Egészségügyi határérték: a levegőterheltségi szint azon mértéke, amely még nem okoz maradandó egészségkárosodást, és ezt az emberi egészség védelmének érdekében be kell tartani.
- Ökológiai határérték: azon levegőterheltségi szint, amely túllépése esetén az ökológiai környezet maradandó károsodást szenvedhet.
- Tűréshatár: az egészségügyi határérték azon százaléka, amellyel a határérték külön jogszabályban meghatározott feltételek teljesítése mellett túlléphető.
- Tájékoztatási küszöbérték: az a légszennyezettségi szint, amely felett már a rövid idejű expozíció is tartós egészségkárosodást okozhat a társadalom érzékeny csoportja esetében (gyermekek, idősek, betegek). Ennél a szintnél a lakosságot azonnal tájékoztatni kell.
- Riasztási küszöbérték: az a légszennyezettségi szint, amely felett már a rövid idejű expozíció is tartós egészségkárosodást okozhat. Azonnali beavatkozást tesz szükségessé.

Veszélyességi fokozatok:

- I.: különösen veszélyes,
- II.: fokozottan veszélyes,
- III.: veszélyes,
- IV.: mérsékelten veszélyes.

A szmogriadó tájékoztatási, vagy riasztási fokozatát akkor kell elrendelni, ha három mérőállomáson, egy időben mért légszennyező anyag koncentrációjának 3 egymást követő 1 órás átlaga, illetve a kisméretű részecske szennyezés (PM10) esetében 2 egymást követő 24 órás (naptári napra vonatkozó) átlaga meghaladja a határérték rendeletben rögzített tájékoztatási vagy riasztási küszöbértéket és teljesülnek a határérték rendelet további feltételei. [12] A légszennyező anyagokra vonatkozó határértékek az 5. táblázatban láthatók.

5. táblázat: Légszennyező anyagokra vonatkozó határértékek [11]

Légszennyező anyag	Órás határérték [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	24 órás határérték [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Éves határérték [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Veszélyességi fokozat	Tájékoztatási küszöbérték [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Riasztási küszöbérték [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Kén-dioxid	250	125	50	III.	400 (három egymást követő órában)	500 (három egymást követő órában, vagy 72 órán túl meghaladott 400)
Nitrogén-dioxid	100	85	40	II.	350 (három egymást követő órában)	400 (három egymást követő órában, vagy 72 órán túl meghaladott 350)
Szén-monoxid	10000	5000	3000	II.	20000 (három egymást követő órában)	30000 (három egymást követő órában, vagy 72 órán túl meghaladott 20000)
Szálló por	-	50	40	III.	75 (két egymást	100 (két egymást

(PM10)					követő napon és a meteorológiai előrejelzések szerint a következő napon javulás nem várható)	követő napon és a meteorológiai előrejelzések szerint a következő napon javulás nem várható)
Szálló por (PM2,5)	250	125	50	III.	400 (három egymást követő órában)	500 (három egymást követő órában, vagy 72 órán túl meghaladott 400)
Kén-dioxid	100	85	40	II.	350 (három egymást követő órában)	400 (három egymást követő órában, vagy 72 órán túl meghaladott 350)
Nitrogén-dioxid	10000	5000	3000	II.	20000 (három egymást követő órában)	30000 (három egymást követő órában, vagy 72 órán túl meghaladott 20000)

A gyakorlatban az emissziós terület mérete, kiterjedése sok technológiához kapcsolódva matematikai módszerekkel jól prognosztizálható, másrészt mintavételezéssel végzett mérésekkel a technológia változatlanságáig jó mérési eredményt kapunk. Szintén mérhető az immisszió, mint a környezeti levegő állapota. A mérési adatok megfelelő kiértékelése és a hozzá kapcsolódó emissziós mérési eredmények segítségével modellek állíthatók fel a környezeti levegő állapotára vonatkozóan, s így prognózisok készíthetők.

2.3.1 A légszennyező anyagok leválasztása, monitoring rendszer

Az egyes technológiák során keletkező szilárd, gáz és cseppfolyós halmazállapotú szennyezők légkörbe való kijutását különböző módszerekkel lehet csökkenteni vagy megakadályozni. Az eljárásokat a szilárd és gáz halmazállapotú szennyezők esetén az 6. táblázat foglalja össze.

6. táblázat: Szennyező anyagok leválasztási eljárásai levegőből [13]

Szilárd szennyezők	
Száraz leválasztás	Nedves leválasztás
Tömegerőn alapuló leválasztás	Leválasztó mozgó alkatrész nélkül
Szűrőhatáson alapuló leválasztás	Leválasztó mozgó alkatrészsel
Elektrosztatikus leválasztás	Nedves elektrosztatikus leválasztás
Gáz halmazállapotú szennyezők	

Szennyező anyag leválasztása	Szennyező anyag átalakítása
Abszorpció	Termikus égetés
Adszorpció	Katalitikus égetés
Kondenzáció	Katalitikus redukció
	Véggázok biológiai tisztítása

Az immisszió ellenőrző hálózatok két fő típusát különböztetjük meg:

1. Az egyik az ún. air monitorok (regisztráló készülékek) alkalmazásán alapul. A mérőállomás folyamatosan működik, adataikat telefonvonalon vagy URH-n egy központba továbbítják, ahol a terület levegőszennyeződési állapotát a mérésekkel egyidejűleg ellenőrizhetik. Ez a rendszer azonnali beavatkozást tesz lehetővé, veszélyhelyzet esetén: pl. elrendelik a füstköd intézkedési terv („szmog-riadó”) alkalmazását. Ez egyrészt az erősen szennyező üzemek (pl. erőművek) teljesítményének csökkentését, vagy időszakos leállítását foglalja magában, másrészt a közlekedés korlátozását (pl. belvárosokban) rendelhetik el.

A füstköd intézkedési terv háromfokozatú:

- készütség: csak az érintett szervezetek és üzemek értesülnek,
- 1. fokozat: az üzemeltetés és közlekedés kisebb korlátozásaival jár,
- 2. fokozat: az erősen szennyezett légállapot huzamos fennmaradása esetén szigorúbb intézkedéseket tartalmaz.

2. A másik típus a rendszeres szakaszos (24 órás, vagy 30 perces) mintavételt alkalmazza. A mérőhelyek lehetnek telepítettek, ezen belül automatikus, vagy kézi kezelésűek, és lehetnek olyanok, amelyeket időszakonként műszerrel, mérőkocsival felkeresnek. Az ilyen hálózat létesítése kevésbé költséges, így több mérőhely jelölhető ki. A szolgáltatott információk (különösen a 24 órás mérések esetében) a legfontosabb igényeket kielégítik. Az adatok értékelése és a beavatkozás általában egy hónap, vagy egy év után válik lehetővé. [13]

2.3.2 A levegőkémiai mérés technika fejlődése

A különböző forrásokból a légkörbe jutó szennyezők jelentősen befolyásolják az időjárási folyamatokat és éghajlat módosulását. A környezetvédelem, a levegőminőség kezelése, az egészségügyi hatások elemzése, vagy a szennyezőanyagok légköri terjedésének szimulálása mára már elképzelhetetlen a levegőminőséget jellemző reprezentatív mennyiségek meghatározása nélkül. A levegőkémiai mérések lebonyolítása függ a vizsgált anyagtól és a vizsgálat céljától is, pl. lokális, regionális, vagy globális légszennyezés meghatározása.

A levegőtisztaságvédelmi hatósági szabályozás nyilvánvalóan a mesterséges szennyeződések igit

szektor külön-külön elsőfokú hatósági szabályozás alá esik. A közlekedés okozta szennyezés, mint a mozgó pontforrások által okozott emisszió a közlekedési felügyelethez tartozik, az ipari és mezőgazdasági termelési tevékenységhez kapcsolódó légszennyező anyagok emissziójának ellenőrzése feletti elsőfokú hatósági jogkört a területileg illetékes környezetvédelmi felügyelőségek gyakorolják, míg a szolgáltatásokhoz kapcsolódó szennyeződések emissziójának ellenőrzése a területileg illetékes önkormányzat jogköre.

A légszennyezést okozó anyagok száma igen nagy, mintegy 1500-ra tehető. Ezen anyagokat két csoportra lehet osztani:

- Az elsődleges, vagy közvetlen légszennyező anyagok természetes úton, vagy technikai berendezésekből kerülnek a szabad légterbe.
 - A másodlagos vagy közvetett légszennyezést okozó anyagok a légkörben keletkeznek, a primer légszennyező anyagok levegővel és egymás között lejátszódó reakcióiból.
- A légmozgás vizsgálata

A légszennyező anyagok terjedését nagymértékben befolyásolja a szélmozgás. A szélirány a magassággal változik, ezért a szélirányt úgy kell vizsgálni, hogy az valóban reprezentálja a szennyező anyagok mozgásának tényleges irányát. Ezért a szél irányát a földfelszíntől 1,5 - 2 m magasságban célszerű mérni.

A szél sebessége kettős hatással van a transzmisszióra, egyrészt minél nagyobb a sebessége, annál gyorsabban szállítja a légszennyező anyagokat az emisszió helyéről a kérdéses helyre, másrészt jelentős szerepe van a szél irányában bekövetkező hígulásnak, azaz a légszennyező anyag koncentrációja fordított arányban van a szélesebességgel.

Ezen túlmenően a különböző irányokban más és más sebességi komponensek léphetnek fel, melyek a szennyezőanyagok vertikális és horizontális elmozdulását okozzák. Ezek a különböző méretű és periódusú véletlen mozgások okozzák a szennyezőanyagok átlagos szélirányra merőleges szóródását, illetve diffúzióját. Ezeket a mozgásokat tekinthetjük légköri turbulenciának. A mechanikus turbulencia keletkezése a talajfelszín érdességére vezethető vissza. A szél sebessége szintén növeli a mechanikus turbulenciát. A termikus turbulencia kialakulásában döntő szerep jut a levegő hőmérsékleti rétegződésének. [14]

- Levegőkémiai mérések helyszínei

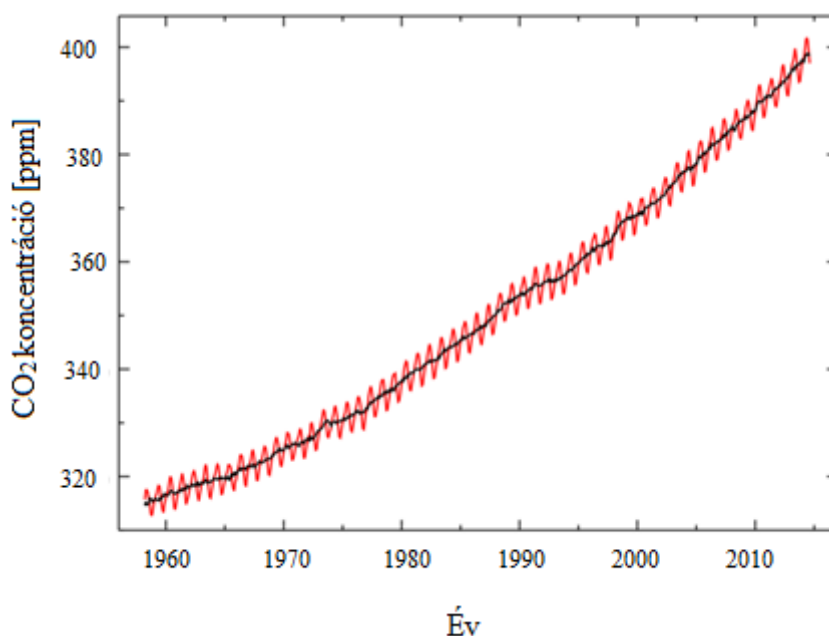
A levegőkémiai mérések részben emisszió meghatározásra, részben a szennyezőanyagok légköri mennyiségének detektálására irányulnak. Az antropogén források közül számos ország ipari létesítményeiben folyamatosan mérik a kibocsátott szennyezőanyagok mennyiségét.

Más forrásokból – például közlekedésből, mezőgazdaságból – származó antropogén emissziót egy-egy megfelelően kiválasztott, reprezentatív mérőpontban határozzák meg, pl. egy forgalmas út mellett elhelyezett mérőállomáson, vagy egy növényállományba telepített mikrometeorológiai állomáson.

- Háttér-koncentrációmérés

A természetes forrásokból származó kibocsátás meghatározása is történhet célzott mérésekkel, de gyakran becsléseket alkalmaznak. A légköri koncentráció mérések optimális helyszíne többek között attól függ, hogy milyen tartózkodási idejű anyagot vizsgálunk, és milyen területre kívánunk reprezentatív képet kapni. A globális háttérszennyezettség-mérő állomásokon általában a hosszú (1–120 év) tartózkodási idejű üvegházhatású gázok koncentrációját mérik közvetlen kibocsátásoktól távoli területeken. Ennek jellegzetes példája a Mauna Loa Observatórium több évtizedes szén-dioxid koncentráció mérési adatsora, lásd 11. ábra.

A globális háttérkoncentráció adatsor az éghajlatváltozás vizsgálata szempontjából kiemelt jelentőségű.



11. ábra: A légköri szén-dioxid havi átlagos globális háttérkoncentrációjának menete 1958 és 2012 között a Mauna Loa (Hawaii) Observatórium több évtizedes mérési adatsora alapján [15]

A regionális háttérkoncentráció mérések szintén a közvetlen kibocsátásoktól távoli, a vizsgált légköri összetevő regionális változékonyságáról, terjedési folyamatairól nyújtanak információt, lásd a 7. táblázatot.

7. táblázat: Különböző típusú levegőkémiai mérőállomások [16]

Mérőhely	Elhelyezkedés	Mérések célja	Mért mennyiségek
Globális háttérszennyezettség-mérő állomás	Emberi tevékenységektől (közvetlen forrásoktól) távoli területen	Üvegházgázok globális koncentrációjának meghatározása	Koncentráció
Regionális háttérszennyezettség-mérő állomás	Mezőgazdasági terület, külterület	Üvegházgázok és egyéb összetevők regionális koncentrációjának, kicserélődésének meghatározása regionális terjedés becslése nagyskalájú emisszió becslése	Koncentráció, fluxus
Lokális állomások	Ipari közlekedési lakóövezeti	Légszennyezők koncentrációjának mérése emisszió becslések egészségügyi hatások vizsgálata	Koncentráció részletes időbeli felbontása
Csapadékkémiai	Meteorológiai	Csapadék elemzése	Csapadékvíz kémiai

mérések	állomások		összetétele csapadékvíz pH-ja
Ipari emisszió mérések	Iparterület (pl. kéményben)	Pontos kibocsátásmérések	Kibocsátott anyag mennyisége
Egyéb emisszió-mérő állomás	Forgalmas utak mellett mikrometeorológiai állomás	Emissziók becslése hatások elemzése	Koncentráció részletes időbeli felbontása

A lokális koncentráció-mérő állomások egy-egy jellegzetes terület koncentrációviszonyait jellemzik. A kibocsátó források közelében, akár kis területen is nagy változások következhetnek be. Egy nagyobb városon belül például megkülönböztethetünk ipari, közlekedési, lakóövezeti környezetben végzett méréseket.

- Globális mérőhálózat

Az ENSZ Meteorológiai Világszervezete a WMO programja a Global Atmosphere Watch (GAW) megbízható adatokat szolgáltat a légkör kémiai összetételéről, annak természetes és antropogén eredetű változásairól. [17]

A GAW keretében az alábbi mennyiségek globális léptékű megfigyelése zajlik:

- légköri aeroszol,
- üvegházhatású gázok,
- reaktív gázok,
- ózon,
- UV sugárzás,
- csapadékkémia.

A levegő- és csapadékkémiai adatok felhasználási lehetőségei:

- operatív felhasználás,
- a légkör fizikai és kémiai folyamatai között fennálló összefüggések feltárása,
- a légkör kémiai és fizikai jellemzői, valamint a regionális és globális éghajlat kölcsönhatásainak feltárása,
- szennyezőanyag nagytávolságú légköri terjedésének, átalakulásának és ülepedésének vizsgálata,
- a légkör-óceán-bioszféra alrendszerek kölcsönhatásainak, a kémiai anyagok körforgalmának megismerése, valamint az ezekre gyakorolt emberi hatásoknak a megismerése, megértése,
- politikai döntések megalapozása.

2.3.3 A légszennyező anyagok mérés technikája

Az analitikai kémia az anyagok minőségi és mennyiségi összetételét vizsgálja. A klasszikus analitikai eljárások során a mennyiségi elemzéskor tömeg és térfogatmérésre vezetünk vissza minden meghatározást (gravimetria, titrimetria).

A műszeres analitikai eljárásokban a mintát fizikai vagy fizikai-kémiai kölcsönhatásnak kitéve analitikai jelet képzünk. Ebből a jelből következtetünk az összetevők mennyiségére és minőségére. A környezetanalitikában léteznek gyorsesztek és nagyműszeres vizsgálatok, lásd a 8. táblázatot.

8. táblázat: A leggyakrabban alkalmazott műszeres analitikai eljárások [18]

Elektroanalitika	Optikai mérések	Kromatográfia
Potenciometria Konduktometria Voltametria	Refraktometria Polarimetria Spektrofotometria (UV/VIS/IR) Lángfotometria Atomabszorpció	Rétegekromatográfia Folyadékkromatográfia (HPLC) Gázkromatográfia (GC)

2.4 Távérzékelés és adatátvitel

A Föld felszínének változásai és a klíma megváltozása között ok-okozati összefüggések tapasztalhatók. Az egyes klímaterületek, illetve a különböző mikroklímájú tájegységek felszínborítása, a jellemző talajviszonyok, a növénytakaró és a domborzat éppen olyan mértékben hat az adott terület éghajlati és mikroklíma viszonyaira, mint amennyire a klímaváltozás hat a növényzetre és a talajfolyamatokra.

A különböző faji összetételű erdőterületek, a füves élőhelyek, a szilárd burkolattal fedett talajfelszínek, a laza talajszerkezetű, valamint a tömörödött felső rétegű tájsebek mind más és más párolgási, csapadékbeszívási mutatókkal rendelkeznek. [19]

A felszínborítás és annak változása, továbbá a klímaváltozás következtében kialakuló káros hatások egyaránt jól vizsgálhatók távérzékelés segítségével. A távérzékelés, az űrtechnika alkalmazása a pontos, megbízható és gyors információ nyerési technológia biztosításával kitűnő eszköz az országos, regionális vagy helyi természeti csapások, katasztrófák kezelésében, monitorozásában, dokumentálásában és a kapcsolatos megelőző vagy kárenyhítő döntések előkészítésében. [20]

A távérzékelés az adatgyűjtés azon módja, amikor egy tárgyról, területről vagy jelenségről úgy gyűjtünk információt, hogy a vizsgálat tárgyával nem kerülünk közvetlen fizikai kapcsolatba. [21]

A távérzékelés során valamely tárgy jellemzőiről az általa kibocsátott, elnyelt vagy visszavert sugárzás intenzitását mérjük. A mérések között elkülönítünk passzív és aktív távérzékelési eljárásokat aszerint, hogy az elektromágneses sugárzás forrása természetes (pl. napfény) vagy mesterséges (pl. radar, lidar). [22]

A távérzékelés során leggyakrabban az alábbi területekre végeznek vizsgálatokat:

- a vizekre (kiterjedés, árvíz, belvíz, egyes vízminőségi paraméterek),
- az erdőkre (kiterjedés, állapot, egyes erdőgazdasági paraméterek) és tágabb értelemben a természet-közeli vegetációra,
- a termesztett növényekre (haszonnövények területe, állapota, hozam-becslés),
- a talajra (főbb talajfajták elkülönítése, talaj anomáliák feltárása) és egyes ásványi nyersanyagok potenciális előfordulásaira (geológiai szerkezet),
- légkörre (hőmérséklet, nyomás, csapadék, szennyezők).

A távérzékelésen belül – a felvevő eszköz típusa szerint – szokásos légi- ill. űr-távérzékelésről beszélni. Bár manapság az ultra-nagy felbontású, kereskedelmileg forgalmazott űrfelvételek megjelenésével a két felvétel típus közötti felbontási különbségek erősen csökkentek, egy lényegi különbség mindig fenn fog állni: a légi távérzékelési eszközöket az adott ország üzemelteti, míg az űrtávérzékelő eszközök valamely űr-hatalom kezében vannak.

A távérzékelés és a térinformatika kapcsolata kétirányú: a távérzékelte adatok feldolgozása folyamán szükséges referencia adatokat (pl. talajtérkép, topográfiai térkép) térinformatikai rendszerben (GIS) tároljuk. Ugyanakkor a távérzékelés eredményei – a tematikus térképek és statisztikai adatok – is sokrétűbben hasznosíthatók, ha térinformatikai rendszerbe épülnek be (pl. környezeti modellek, döntés támogató modellek). A térinformatika szemszögéből tekintve a távérzékelés egy olyan adatnyerési eljárás, mely aktuális információt szolgáltat a térinformatika egyes alkalmazásai számára.

Napjaink informatikája (szoftver, hardver) messzemenőig alkalmas a távérzékelési rendszerek által szolgáltatott jelentős adatmennyiség operatív feldolgozására. Az űreszközökről készített többsávos (multispektrális) felvételek széles választéka áll rendelkezésre, a kilométerestől a méter alatti felbontási tartományig. Az operatív feladat megoldásra alkalmas feldolgozási technika lényegében kialakultnak mondható. A légifelvételek kiértékelésére szolgáló hagyományos fotogrammetriai technikákat napjainkban felváltja a digitalizált (vagy digitális felvevővel készített) felvételek numerikus kiértékelése. [23]

2.5 Kibocsátás csökkentés és alkalmazkodás, mint alapfogalom

Az adaptáció a változásokhoz való alkalmazkodást, a negatív hatások elleni védekezést jelenti, a mitigáció az üvegházhatású gáz kibocsátás csökkentését célzó folyamatokat érinti.

A gazdaság eredményes működése ma már egyre nagyobb mértékben függ az időjárás és a klíma változásától. A védekezés általában munkával és kiadásokkal jár. Ezek megteremtése külön terhet jelent a gazdaság számára. A klímavédelmi tevékenységnek ezért az általános műszaki és tudományos feladatok mellett az alkalmazkodás gazdaságosságát, a pénzügyi feltételeket is figyelembe kell venni.

A klímaváltozás éghajlati következményei által okozott károk, továbbá azok az intézkedések, amelyeket a károk helyreállítása érdekében meg kell tenni, számszerűsíthető piaci költségekkel, illetve nem számszerűsíthető nem-piaci költségekkel járnak, amelyek összege együttesen igen magas lehet. Mivel ma a klímaváltozás folyamata a szakértői jelentések szerint már megfordíthatatlannak tekinthető, célszerű a változás mérséklésének lehetőségeivel (mitigáció), illetve a megváltozott klímaviszonyokhoz való alkalmazkodással (adaptáció) pénzügyi vonzataival is intenzíven foglalkozni.

Jóllehet a klímavédelmi intézkedések ma többre kerülnek, mint a várakozás, a késedelem még nagyobb kockázatokhoz, s így még nagyobb hosszú távú költségekhez vezethet. A klímavédelmi tevékenységgel kapcsolatos költség-haszon elemzés eredménye mindenképpen pozitív, hiszen a tervezett kutató és fejlesztő munka az üvegházhatású gázok kibocsátásnak mérséklésére és a klímaváltozás következményeivel való alkalmazkodásra fókuszál. A tevékenység eredményeképpen éppen az éghajlatváltozás következtében jelentkező károk csökkenthetőek jelentős mértékben, aminek számottevő externáliákban megmutatkozó haszna is van.

Felhasznált irodalom

[1] Légkör. Wikipédia. A szabad enciklopédia.

<http://hu.wikipedia.org/wiki/L%C3%A9gk%C3%B6r>

[2] A légkör szerkezete. Tudásbázis.

<http://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termesztudomanyok/foldrajz/termeszetfoldrajz/a-legkor-szerkezete-a-besugarzas-es-a-legkor-hohaztartasa/a-legkor-szerkezete>

[3] A légkör - A légkör összetevői, a Föld típusú bolygók légköre. Tudásbázis.

<http://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termesztudomanyok/foldrajz/meteorologia/a-legkor-a-legkor-osszetevoi-a-fold-tipusu-bolygok-legkore/a-legkor-osszetevoi>

[4] Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium

<http://klima.kvvm.hu/index.php?id=10> (2014.05.30. 11:51)

- [5] Makra L. (2000): Környezeti klimatológia. Szegedi Tudományegyetem. Egyetemi jegyzet.
<http://www2.sci.u-szeged.hu/eghajlattan/kornyklim-teljes.pdf>
- [6] Zöldmúzeum. Az éghajlatváltozás emberi okai.
<http://www.zoldmuzeum.hu/az-eghajlatvaltozas-emberi-okai>
- [7] Dinitrogén-oxid. Wikipédia. A szabad enciklopédia.
<http://hu.wikipedia.org/wiki/Dinitrog%C3%A9n-oxid>
- [8] Globus/MTVA Sajtó- és Fotóarchívum/MTI
- [9] Kén-hexafluorid. Wikipédia. A szabad enciklopédia.
<http://hu.wikipedia.org/wiki/K%C3%A9n-hexafluorid>
- [10] Mokka Lexikon-Környezetvédelmi információ. Alifás szénhidrogének.
http://enfo.hu/mokka/db2/glossary.php?lang=hu&show_hun=on&show_en=on&search_type=term&pattern=alif%E1s%20sz%E9nhidrog%E9nek
- [11] Levegőterheltségi szint. Wikipédia. A szabad enciklopédia.
http://hu.wikipedia.org/wiki/Leveg%C5%91terhelts%C3%A9gi_szint#hely:kvvm.hu
(2014. 08.27. 19:37)
- [12] Országos Meteorológiai Szolgálat
http://www.met.hu/levegokornyezet/varosi_legszennyezettseg/meresi_adatok/tajekoztato/
- [13] Barótfi István (szerk.) *Környezettechnika*, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 2000.
- [14] Bubonyi M.: Légszennyező anyagok terjedése a szabad légtérben. ZMNE Egyetemi jegyzet
<http://www.muszeroldal.hu/measurenotes/bubony.pdf>
- [15] Earth System Research Laboratory
<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/> (2014.09.18. 9:32)
- [16] Mészáros R. (2013): Meteorológiai műszerek és mérőrendszerek. ELTE Egyetemi jegyzet.
<http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/meteorologia/ch12.html> (2014.08.28. 13:27)
- [17] Simon G. (2004): Légszennyezés. Levegő munkacsoport. Budapest.
<http://www.tiszta.levego.hu/szennyezoanyagok.html>
- [18] Műszeres analitika
http://fogi.hu/Letoltesek/Muszeres_analitika/Muszeres_elmeleti_osszefoglalo.pdf

[19] Bakó G.: Távérzékelés a klímaváltozás és a felszínborítási változások összefüggésének ellenőrzésében

<http://maesholnap.hu/20100912-091132> (2014.08.29. 16:21)

[20] Nádor G.; Oravecz S.: Aszálykárok kimutatása űrfelvételek felhasználásával

<http://www.fomi.hu/honlap/magyar/projektek/leirasok/aszalykar/aszalykar.htm>

[21] Lillesand, T.M., Kiefer, R.M., Chipman, J.W. (2004): Remote sensing and image interpretation. 1. p. New York: Wiley, 763 p.

[22] Janssen, L.L.F., Huurneman, G.C. (szerk.) (2001): Principles of Remote Sensing. 27. p. ITC Educational Textbook Series; 2th edition. Enschede: ITC. 180 p.

[23] Büttner Gy. (2004): Környezetállapot értékelés távérzékelés segítségével, informatikai vonatkozások. Környezetállapot értékelés program, Környezeti Informatika munkacsoport javaslata. Budapest. 16 p.

3. Előrejelzések a jövőre vonatkozóan

Az előrejelzéseket számos tényező befolyásolja. Többek között, hogy a vizsgált időpontban milyen a légkör várható összetétele, a népesség alakulása, az ipar fejlettsége, a GDP, a képzés, hatékony-e a döntéshozatal vagy elmarad, stb.. Mivel a várhatóhoz hasonló körülmények a múltban még nem fordultak elő, így az egyes scenáriók (forgatókönyvek) beteljesülése bizonytalan. A jövőre vonatkozó éghajlati elemzésekben ezért mindig scenáriók, azaz lehetséges forgatókönyvek szerepelnek konkrét előrejelzések helyett. A scenáriók nagyon fontos támpontot adhatnak a szükséges intézkedések bevezetésére.

3.1 A jövőbeli üvegházgáz-koncentrációk becslése

Az előrejelzési nehézségek ellenére a jövőbeli üvegházgáz-kibocsátásokkal kapcsolatosan számos forgatókönyv áll rendelkezésre. Ezek megbízhatóságát elsősorban az alábbi fő területek csökkenthetik:

- Földhasználat

Az erdőirtás az üvegházgázok egyik nagy forrása. Az elsivatagosodás a nem megfelelő földhasználat jellemző példája, mely befolyásolhatja a légköri folyamatokat, bár nem szükségszerűen a légköri szén-dioxid mennyiségét.

- Népességnövekedés, energiaigény

A fejlődő országok a múltban viszonylag kisebb mértékben járultak hozzá a globális szén-dioxid termeléshez, mint az ipari országok. A jelenlegi trendek viszont azt feltételezik, hogy a jövő évszázad elején a fejlődő országok üvegházgáz-kibocsátása eléri, esetleg meg is haladja a fejlett országokét. Ez főként ezen országok növekvő népességének élelmiszerigényével és energiafogyasztásával, továbbá a trópusi erdőirtással magyarázható.

- Technológia

A fejlődő országok gyakran még nincsenek teljesen felkészülve az újabb ipari technológiák alkalmazására. Számos esetben ezek az országok csupán a helyben rendelkezésre álló energiaforrásokra (pl. fosszilis tüzelő anyagok, vagy fa) támaszkodhatnak gazdaságuk fejlesztése, valamint az életszínvonal emelése érdekében.

- A gazdaság fejlettsége

A társadalmak jövőre becsült gazdasági fejlettségének szintje ugyancsak fontos. Valószínűsíthető, hogy a társadalmak idővel gazdagabbá válnak, s ezért az egy főre jutó energiafogyasztásuk növekedni fog.

- Háborús tevékenység

A társadalmak konfliktusainak komoly nem várt környezeti következményei lehetnek. Például az öbölháború idején 1991-ben az iraki csapatok visszavonulása során fölrobbantott és sokáig égő kuwaiti olajkutak hozzájárulhattak az üvegházgázok koncentrációjának növekedéséhez.

3.1 IPCC kibocsátási forgatókönyvek

A globális hőmérséklet mérési adatai azt jelzik, hogy a Föld 0,7°C-ot melegedett a múlt század kezdetétől. A tíz legmelegebb év – az 1861-es feljegyzések óta – 1990 után következett be, egyedüli kivétel 1996 volt. A valaha mért legmelegebb év 1998 volt, 2005-ben azonban a hőmérséklet csaknem elérte a maximális értéket.

Az IPCC jelentés bemutatja a komplex számítógépes modellek felhasználásával készült globális és regionális éghajlat múltbeli, jelenlegi és jövőbeli szimulációit, a várható változások elemzését. A vizsgálatok eredményeként jött létre a SRES (Special Report on Emission Scenarios), amely egy kibocsátási scenárió együttes alapján klímamodellekkel becsli az 1980-1999-es időszakhoz viszonyított változásokat. A forgatókönyv család alapszenáriói A1 (A1FI, A1B, A1T), A2, B1, B2 forgatókönyvek. Az SRES kibocsátási forgatókönyvekre épülő éghajlati modellek előrejelzései szerint a globális földfelszíni átlaghőmérséklet 1,4 – 5,8 Celsiusfokkal fog növekedni az 1990-től 2100-ig tartó időszakban.

Ugyanezen bázisidőszakhoz képest 2100-ra a világtengerek szintje is emelkedni fog 0,2-0,6 méterrel pusztán a felmelegedés hatására bekövetkező óceáni víz hőtágulása miatt. Az antropogén eredetű felmelegedés és ennek hatására a világtenger szintjének emelkedése a 21. század során még akkor is folytatódik, ha az üvegházhatású gázok kibocsátását sikerül stabilizálni.

Az IPCC négy fő globális forgatókönyvet (A1, A2, B1, B2) határozott meg és értékelt a vizsgálatok során. A négy forgatókönyv főbb jellemzői a 9. táblázat foglalja össze.

A négy alapszenáriót a következő címszavakkal jellemezhetjük:

A1: dinamikus gazdasági növekedést feltételez, az emberiség lélekszámának gyors emelkedését jelzi, amely a XXI. század közepére éri el maximumát, majd csökkenni kezd. Új, hatékony technológiák kerülnek bevezetésre, és egyre több kulturális kölcsönhatás érvényesül a különféle társadalmak között, amelynek következtében csökkennek a különböző földrajzi régiók közötti eltérések. Ez a scenárió három csoportot különböztetett meg az energia rendszerben a technológiai változás irányja alapján:

- a fosszilis intenzív (A1FI),
- a megújuló (A1T), és
- a kiegyensúlyozott (A1B) energia hordozói szerkezetet.

A2: a világ sokféleségének megmaradását és a helyi értékek megőrzését tételezi fel, az emberiség számának állandó, de lassú növekedésével párosulva. A scenárió szerint a gazdasági fejlődés és a technológiai váltás várhatóan minden földrajzi régióban érvényesül, de az összes forgatókönyv közül itt játszódik le a leglassabban.

B1: az A1-hez hasonlít, ugyanakkor feltételezi a szolgáltatási és az információs szektor gyors előretörését, valamint a fenntartható fejlődés irányába mutató, környezetbarát technológiák mielőbbi bevezetését. A felmerülő problémákat ez a forgatókönyv globális szinten kívánja megoldani.

B2: a felmerülő környezeti és társadalmi problémák regionális és helyi megoldását helyezi előtérbe. A földi népességszám növekszik, de még az A2 feltételezésénél is lassabban. A gazdasági növekedés közepes gyorsasággal zajlik, a technológiai változások visszafogottabbak, ugyanakkor szerteágazóbbak, mint akár az A1, akár a B1 scenárió esetén.

9. táblázat: A globális változás és emisszió négy IPCC forgatókönyv [1]

A1 [A1T: 700 ppm; A1B:850 ppm; A1FI: 1550 ppm]	B1 [600 ppm]
-nagyon gyors gazdasági növekedés,	-kiegyenlítő világra felé fejlődés, az A1-hez

-népesség növekedése a XX'. sz. közepéig, utána csökkenés, -új és hatékony technológiák gyors megjelenése, -az egyes régiók közötti kiegyenlítődés, -fokozott kulturális és társadalmi hatások, -a regionális jövedelem különbségek csökkenése.	hasonló népességváltozások, -a gazdasági szerkezet gyors eltolódása a szolgáltatási és információs ágazatok felé, -környezetbarát és energiahatékony technológiák bevezetése.
A2 [1250 ppm]	B2 [800 ppm]
-heterogén világkép, -helyi önkormányzatok, önszerveződések hangsúlyosabb működése, -folyamatosan növekvő népesség, -regionális gazdasági fejlődések, -lassú és térben nem egyenletes technológiai változások.	-a gazdasági, társadalmi és környezeti problémák lokális szinten kezelése, -folyamatosan növekvő globális népességváltozás, -közepes mértékű gazdasági fejlődés, -az A1, B1-hez képest lassabb és sokoldalúbb változások.

3.2 Előrejelzések Európára

3.2.1 Csapadék

A szélsőséges események már az elmúlt évtizedekben is egyre gyakrabban megmutatkoztak. Az EM-DAT nemzetközi katasztrófa adatbank szerint a hőség hullámok voltak a leghalálosabb időjárási események 1980-tól 2011-ig Európában – különösen Dél- és Nyugat-Európában. Dél-Európában a jövőben egyre inkább száraz- illetve hőségperiódusokkal kell küzdeni, a csapadék mennyisége várhatóan a dél-nyugati területeken csökken. Különösen veszélyeztetettek az Atlanti-óceántól távol fekvő területek, ilyen pl. a Balkán-félsziget. A potenciális, átmeneti szárazságra való hajlam általában véve Észak-Európában is erősebb lesz. Ezt nem kompenzálja a téli esőzések fokozódása. Valójában a Szahara északra tolódásának vagyunk a szemtanúi. A Földközi-tenger mellett fekvő mediterrán területek a leginkább sebezhetőek. Itt még erősebben lépnek majd fel a szárazság következményei, pl. az erdőtüzek. Erősen veszélyezteteti továbbá a tengerparti területeket a magas hőmérséklet és a tengerszint emelkedése.

A dél- és kelet-európai területeken gyakran rendkívül kicsi lesz a felszíni víz lefolyása. pl. Spanyolországban, a Balkán-félszigeten és Ukrajna egyes részein. A lefolyás az a csekély mennyiségű csapadék, amelynek kimutatására a csapadékösszeg mínusz párolgás összefüggés alapján számítható.



12. ábra: Az egyes régiók sebezhetősége [2]

Atlanti régió: növekvő parti erózió, több áradás, stressz a tengeri ökoszisztémákon, élőhelyek megszűnése, növekvő turizmus, téli viharok nagyobb kockázata, több szél okozta kár a szállításban.

Boreális területek: talaj víztelítettsége, tavak és mocsarak eutrofizációja, növekvő parti erózió, több áradás, téli viharok nagyobb kockázata, síszezon rövidülése.

Tundra: permafroszt területek olvadása, csökkenő tundra terület, növekvő parti erózió, több áradás.

Közép-Európa: téli áradások növekvő száma és mértéke, terméshozam növekvő változékonysága, hóhullámok növekvő egészségügyi kockázatai, tőzeg-tüzek növekvő száma.

Hegyvidék: visszahúzódó, eltűnő gleccserek, csökkenő hóborítottság, erdőhatár felfelé tolódása, biodiverzitás csökkenése, síszezon rövidülése, növekvő kőomlás veszély.

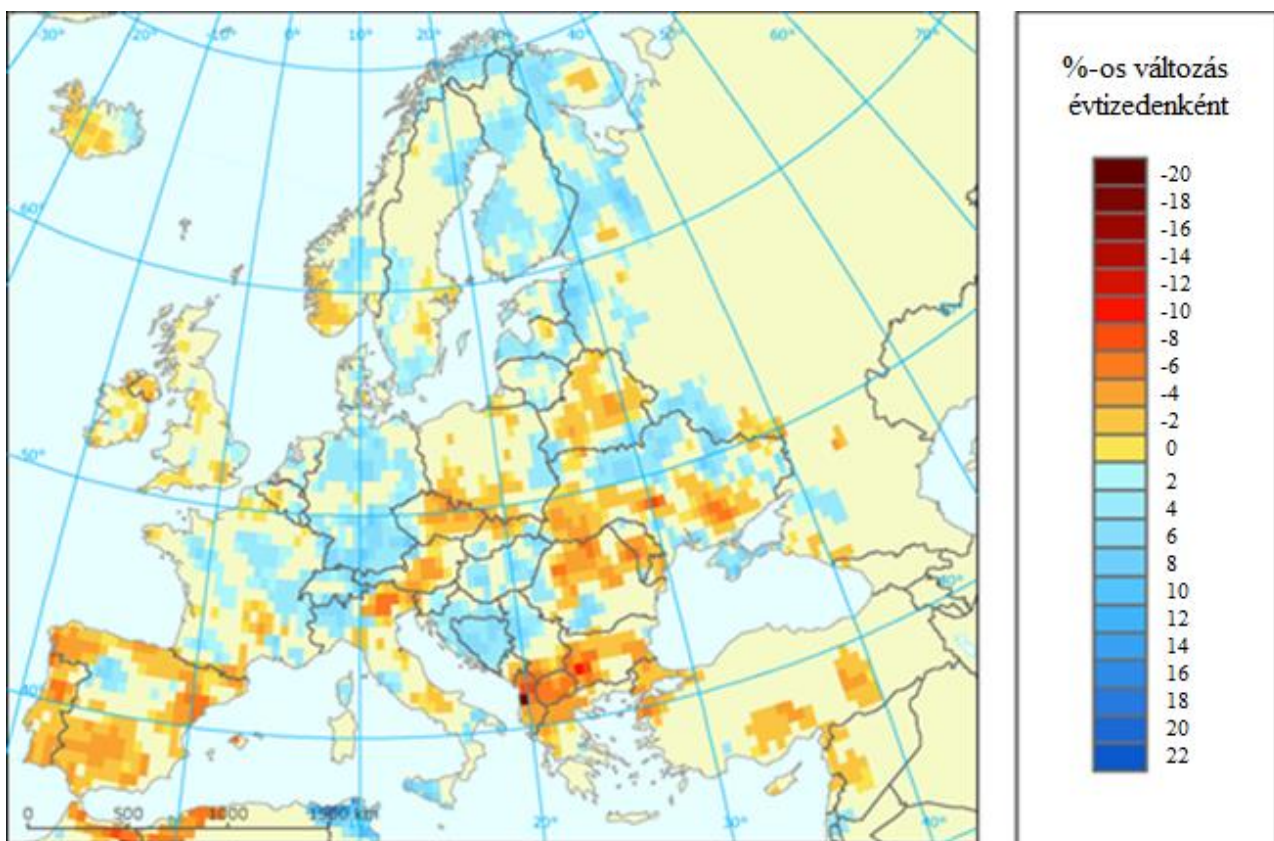
Mediterrán területek: elérhető vízmennyiség csökkenése, növekvő szárazság, biodiverzitás csökkenése, gyakoribb erdőtüzek, csökkenő nyári turizmus, megfelelő termőterületek csökkenése, növekvő nyári energiaigény, csökkenő vízenergia, növekvő földveszteség a

folyótorkolatoknál, parti vizek növekvő sótartalma és eutrofizációja, hőhullámok növekvő egészségügyi kockázata.

Sztyepp: csökkenő termés hozam, növekvő talajerózió, növekvő tengerszint pozitív NAO (Észak-Atlanti Oszcilláció) esetén, beltengerek növekvő sótartalma.

Az utóbbi 10 évben a csapadékmennyiség Észak- és Északnyugat-Európában emelkedett, emellett Kelet- és Észak-Európában hidegperiódusok és viharok léptek fel gyakran. Közép- és Észak-Európában összességében a csapadék mennyiség növekedése várható a jövőben, ha nem is a növény szempontjából fontos tavaszi, hanem inkább a téli időszakban. Északon gyakran árvizekkel és viharokkal kell számolni. [3]

Valószínűleg gyakoribbak lesznek Közép- és Észak-Európában a heves esős napok. Az elmúlt évtizedek heves esőzésének gyakorisági változását a 13. ábra mutatja be. Itt megjegyzendő, hogy ezek az eredmények gyenge statisztikai biztonsággal rendelkeznek.



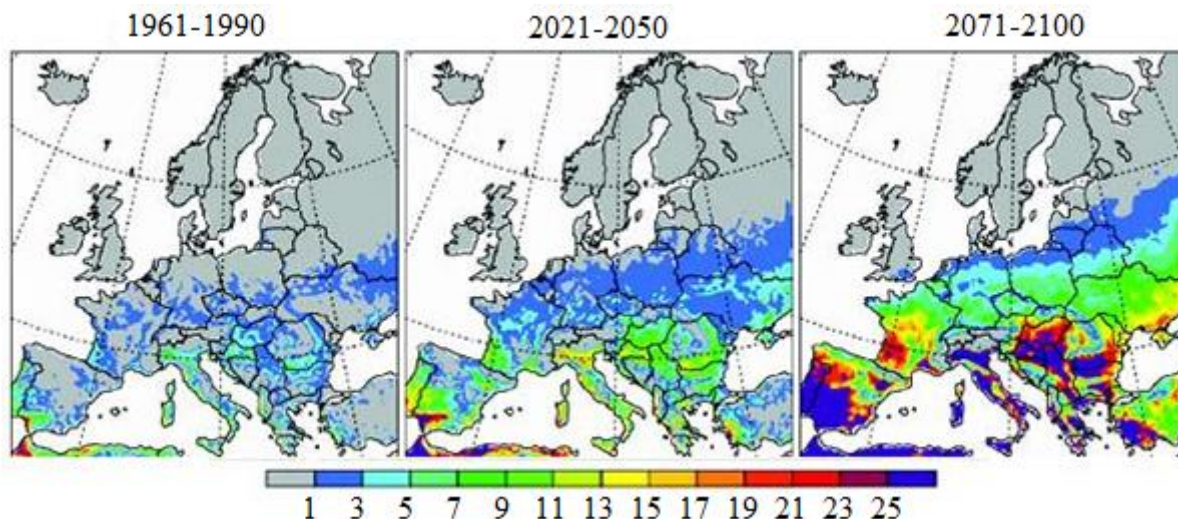
13. ábra: A heves esőzések hozzájárulásának változása az összes csapadék mennyiségéhez 1961-2006 között [4]

3.2.2 Hőmérsékletemelkedés

A hőmérsékletemelkedés Európában az utóbbi 10 évben 1,3°C, amely a jövőben jelentősen tovább fog emelkedni fog. [3]

Várhatóan csökken a hideg tél esélye, 2080-tól majdnem teljesen eltűnhetnek a hideg napok. Ezzel szemben egyre gyakoribbak lesznek a forró nyarak. A század végéig a nyári hőmérséklet Dél-Európában várhatóan akár 5°C-kal magasabb lehet, mint 1961-1990 között volt. [5]

A felmelegedés mértékét a 14. ábra szemlélteti. Egyértelműnek tűnik, hogy Európa sok részén, így a Kárpát-medencében is nyáron és télen egyaránt nő a meleg napok száma. Gyakoribbak lesznek az olyan hőség napok, amikor hőségriadót kell elrendelni.



14. ábra: A 40,7°C-ot meghaladó Hőség Index értékű napok átlagos száma 1961–1990 (balra), 2021–2050 (középen), 2071–2100 (jobbra) időszakban öt modellszimuláció alapján [6]

Egészségügyi szempontból kiemelten fontos a több meteorológiai paraméter együttes hatását mérő biometeorológiai indexek használata, melyek az emberi szervezetre gyakorolt élettani hatásokat figyelembe véve értékelik a közvetlen környezet éghajlati viszonyait. A nagy hőség időszakában a hőmérsékleten kívül a relatív nedvesség hatása sem elhanyagolható, ezt tükrözi az ún. Hőség Index. [7] Az egészségre veszélyes magas (40,7°C küszöbértéket meghaladó) index értékű napok száma szignifikánsan növekszik a XXI. század során.[8] Az RCM-szimulációk (Regionális Klímamodell) eredményei 1961–1990-re, 2021–2050-re és 2071–2100-ra (14. ábra) jól mutatják a várható növekedés mértékét. Míg a referencia időszakban az 50° É szélességtől délre csak évi 1-5 nap az átlagos maximális gyakoriság, addig a század közepére ez meghaladhatja a 10 napot, s a század végére pedig akár a 25 napot is. Különösen veszélyeztetettek a Közép-, s főleg Dél-Európában található, alacsonyan fekvő alföldek, folyóvölgyek.

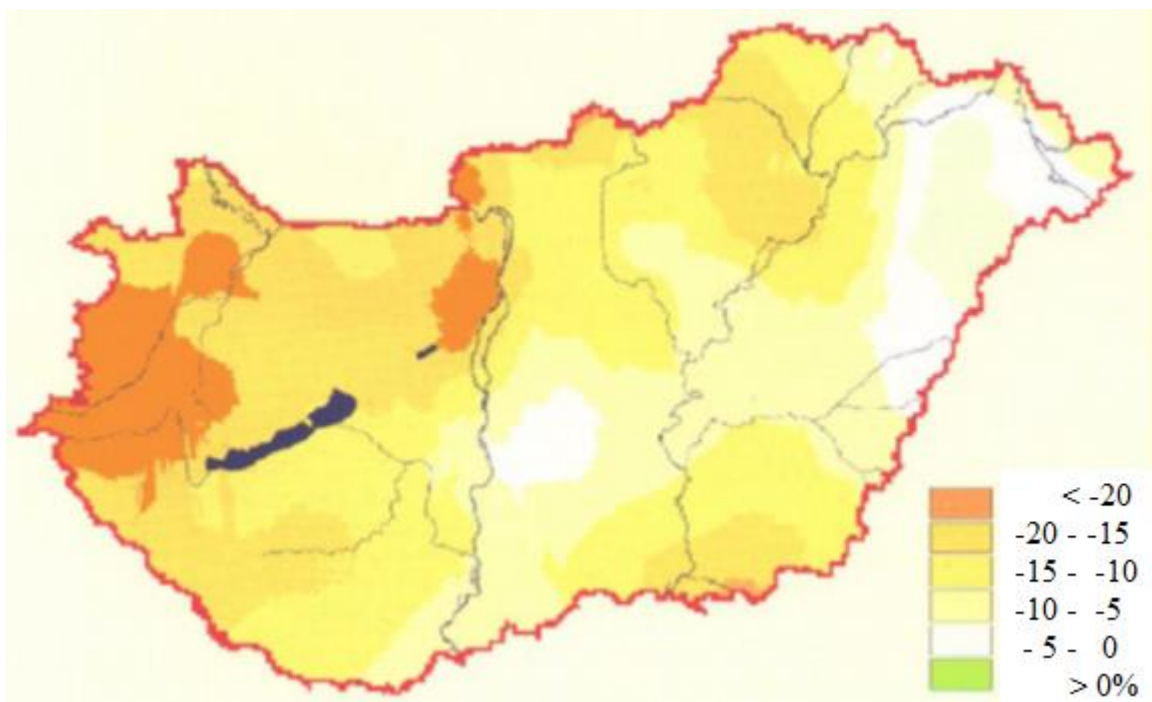
3.3 A klímamodellek előrejelzései Magyarországra

Magyarország éghajlatát az óceáni, mediterrán és kontinentális klíma együttesen határozza meg. Ezek, a Kárpát-medence domborzati hatásaival együtt, változékony éghajlatot eredményeznek. A legegyszerűbb változások a hőmérséklet tendenciájában tapasztalhatók.

3.3.1 Csapadék mennyiség

A klímaszcenáriók alapján, Magyarországon a 2100-ra várható éves csapadékváltozást csekély mértékű negatív tendencia jellemzi. Az évszakos csapadék összegben jelentős változás a téli és nyári évszakban valószínűsíthető. Ekkor növekvő tendenciára számíthatunk, míg tavasszal csökkenés várható. A feltételezhető változás abszolút értékben átlagosan közel 10%-os lesz.

Az ország területének körülbelül 90%-a veszélyeztetett aszályal. Ez különösen a növényvilág megújulásának időszakában lehet kritikus hatású. Feltűnő a csapadék mennyiség csökkenése a nyugati országrészben, lásd 15. ábra.



15. ábra: Magyarország csapadékmennyiségének csökkenése az 1951-2004 közötti időszakban [9]

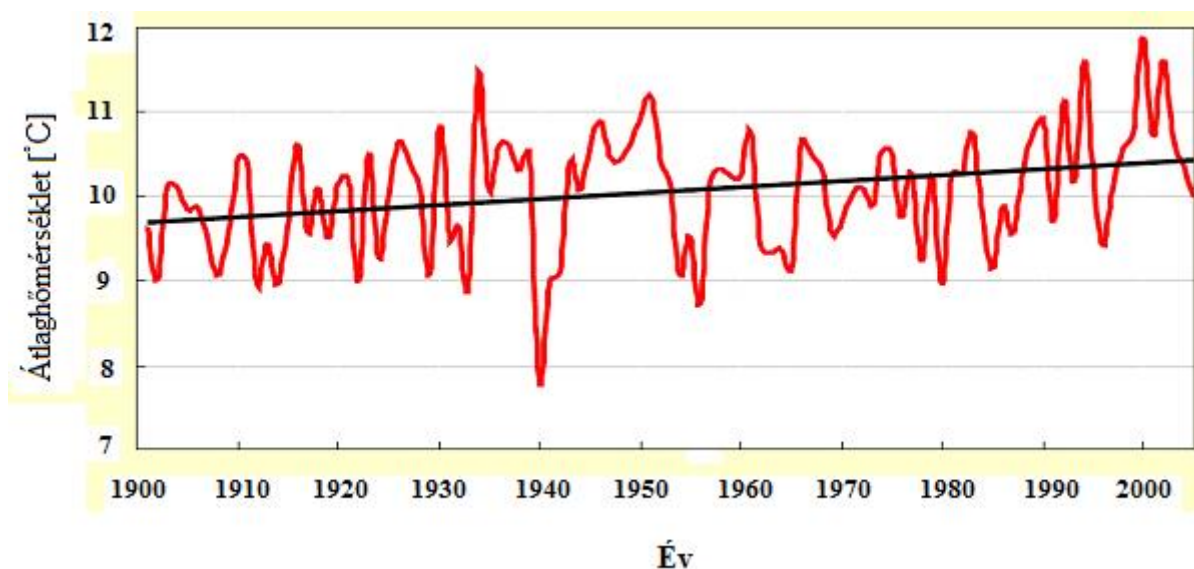
A klíma szárazabbá és melegebbé válása jelentős hatással lehet az állóvizekre, mivel azok a sekély tavak kategóriájába tartoznak. A változó hidrológiai folyamatoknak számos ökológiai következménye is lehet. Különösen a nyár végi kisvízi időszakokban romolhat le a folyók vízminősége. Szárazabb és melegebb éghajlaton ez a rossz vízminőségi állapot gyakoribbá válhat, amelynek ökológiai és gazdasági következményeit egyelőre nem tudjuk reálisan megítélni.

Módosulhatnak a termőtalajok mechanikai tulajdonságai, élőviláguk, sőt, idővel kémiai összetételük is. A termőtalaj nedvességének csökkenése mellett a talajvíz szintje is lesüllyedhet az aszályosabb klíma hatására. A nagy melegben megnő a vízfelhasználás, amelyet ráadásul a csökkenő csapadék- és a vízkészletek növekvő párolgása miatt kevesebb vízből kellene fedezni.

A sérülékenység a szárazság következtében növekedni fog, míg a heves esőzések következtében az árvízveszély okozhat majd problémát. Ez rendkívül komplex probléma elé állítja a Kárpát-medence vízgazdálkodását, hiszen minden folyó a környező hegységekből érkezik.

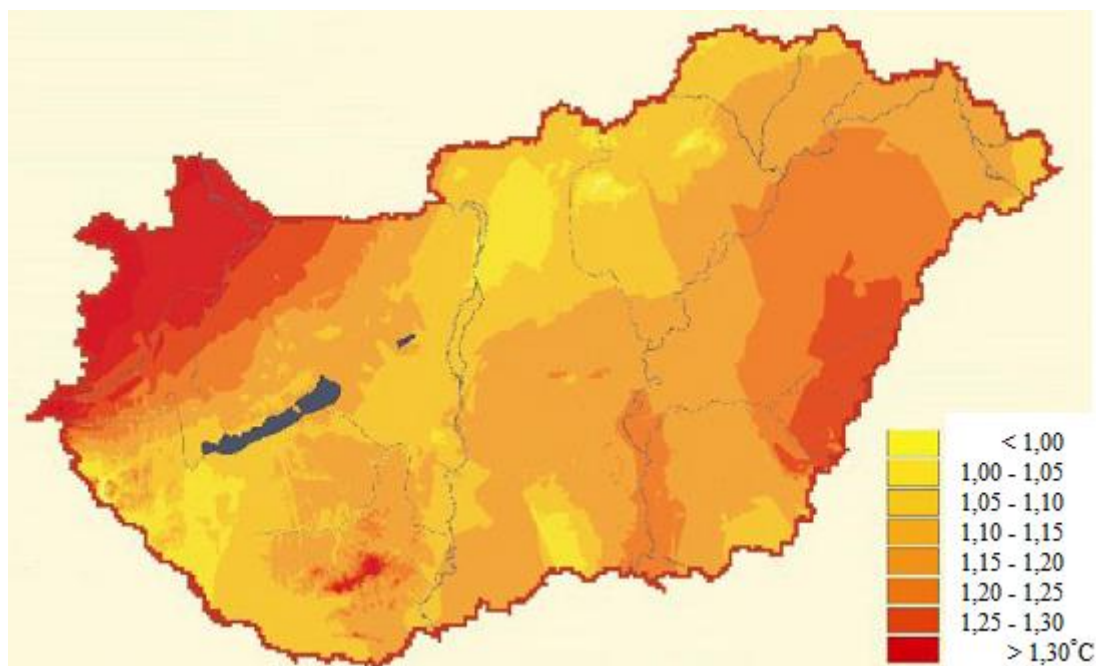
3.3.2 Hőmérsékletemelkedés

Magyarországon a felmelegedés már több mint 100 év óta bizonyítottan folyamatosan tart, lásd a 16. ábrát.



16. ábra: Hazai országos átlaghőmérsékletre adódó melegedési trend 1900 és 2005 között 15 állomás mért adatai alapján [9]

Érdekes, hogy a változás erőssége az általában hűvös, észak-nyugati országrészben a legnagyobb. Csak a keleti határ mentén várható még hasonló, erős változás, lásd a 17. ábrát.



17. ábra: Az éves átlaghőmérsékletek változása az ország egyes területein 1975 és 2005 között [9]

Általában csökken a tartósan hideg telek gyakorisága, bár ezek epizodikus fellépésével hazánkban valamivel melegebb globális klíma esetén is számolni kell. Elvileg ritkábbak lesznek az áprilisi és a májusi, illetve a szeptemberi és az októberi fagyok, ám a tenyészidőszak meghosszabbodásával a kockázatos időszakok is a hideg évszak felé tolódnak el.

Az országos átlag jól követi a globális változásokat, annál valamivel nagyobb melegedési értéket (pontbecslés alapján $0,77^{\circ}\text{C}$) jelez. Ennek évszakai felbontása már nagyobb eltéréseket mutat. Amíg a telek és a tavaszok döntően az éves átlagnak megfelelően melegszenek, addig a nyarak jobban (mintegy 1°C), az őszi kevésbé ($0,4-0,5^{\circ}\text{C}$) követik ezt a melegedést. Az elmúlt 30 évben gyorsult a melegedés. A két utolsó évtized átlaghőmérsékletének különbsége helyenként a fél fokot is meghaladja hazánkban. A melegedés elsősorban a keleti és az észak-nyugati területeken erőteljesebb.

Felhasznált irodalom

[1] Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (NÉS), KVVM, 2007

[2] European Environment Agency

http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/figure-12-3.html

[3] European Environment Agency (2012): Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012. EEA Report No 12/2012. ISBN: 978-92-9213-346-7

[4] European Environment Agency

<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/changes-in-the-contribution-of-heavy-rainfall-to-total-precipitation-1961-2006>

[5] Kirby, A. (2014): Parts of Europe '5°C warmer' by 2100

<http://www.climatenewsnetwork.net/2014/01/parts-of-europe-5c-warmer-by-2100/>

[6] van der Linden, P., Mitchell, J.F.B. (eds.) (2009): ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, Exeter, UK. 160p.

[7] Steadman, R.G. (1984): A Universal Scale of Apparent Temperature. *Journal of Applied Meteorology*, 23, pp. 1674–1687.

[8] Fischer, E.M., Schär, C. (2009): Future changes in daily summer temperature variability: driving processes and role for temperature extremes. *Clim. Dyn.*, 33, pp. 917–935.

[9] OMSz (Országos Meteorológiai Szolgálat), 2006-os adatok, Budapest

4. Klímaváltozás következményei

4.1 A klímaváltozás várható globális következményei

- Tengerszint magasságának emelkedése

A globális felmelegedés hatásának következménye a tengerszint magasságának emelkedése. Az évente mintegy egy milliméternyi szintemelkedés mind a kontinentális jégtakaró olvadásának, mind az óceánok vízhőmérséklet emelkedésének tudható be. A következő évszázadra vonatkozó előrejelzések szerint a tengerszint magasság a fél méteres növekedési léptéktől egészen az egy-két méterig is fokozódhat. Ekkora emelkedés sok tengerparti területet és korallzátonyt eláraszt. Hacsak nem teszünk valamit a tengerszint emelkedés megakadályozásának érdekében, akkor az áradás a 2080-as évekre világszerte 200 millió ember életét fogja meghatározni. Ráadásul a világ tengerparti vizes élőhelyeinek 25%-a tűnhet el addigra a tengerszint emelkedése miatt.

- Élőhely változás

Az éghajlatváltozás rendkívül gyors hőmérsékletváltozást okozhat, amelynek következtében az állatoknak és a növényzetnek szokatlanul rövid idő alatt kell alkalmazkodnia az új feltételekhez. Néhány faj eltűnhet természetes élőhelyéről a változó körülmények miatt, más fajok pedig terjeszkedhetnek. A Föld kevés szárazföldi ökorégiója maradhat mentes a jelentős globális felmelegedés hatásától. Akár egy kisebb mértékű éghajlatváltozás is erős flóra- és faunamozgást, pl. bevándorlásokat és kihalásokat indítana meg a természetes élővilágban, valamint a termesztett kultúrnövénykörben. Az agroökológiai zónák eltolódnak a hőmérsékletemelkedés és az egyenlőtlen csapadékeloszlás következtében

Az őshonos erdők élővilágának az alkalmazkodó képessége korlátozott, a jobban átalakult keverék készletű fajok nagyobb ökológiai stabilitással rendelkeznek ebben a folyamatban. Globálisan a lombhullató és vegyes erdők több mint fele és a trópusi erdők majdnem negyede széttöredezett vagy eltűnt már. 1970 óta mintegy 30%-kal csökkent a fajgazdagság és ez a hanyatló trend egy vagy több százalékkal tovább romlik évente.

- Terméshozam változás

A fontosabb gazdasági növények hozamának jövőbeni becslése a növényi növekedési modellek alkalmazásával lehetséges.

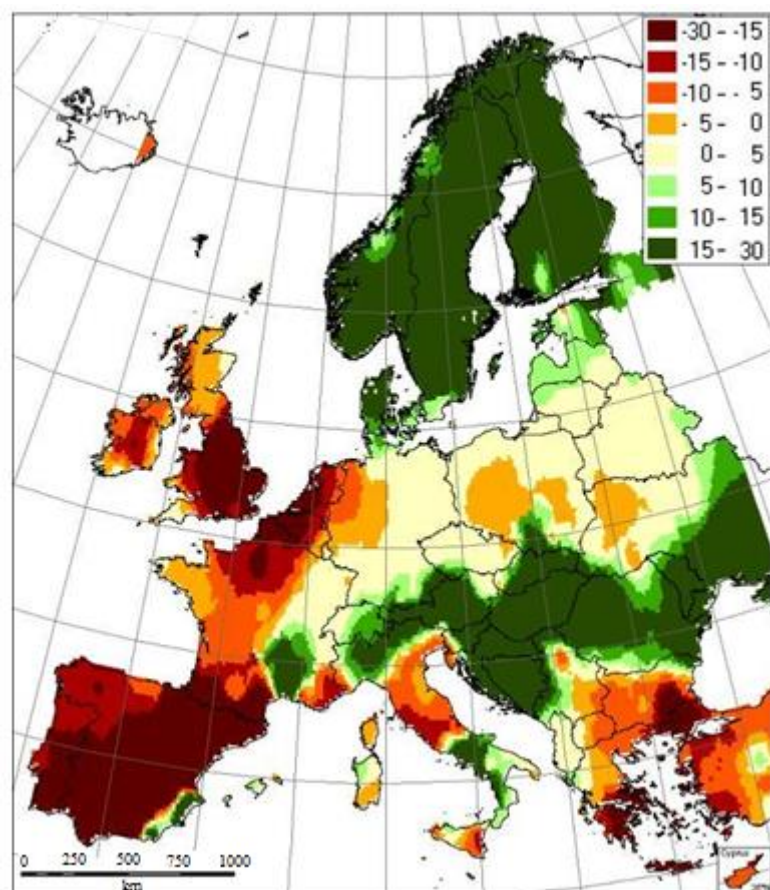
A legismertebb az IBSNAT modellcsalád, amelyet a legfontosabb szárazföldi növényekre, pl. az őszi búzára, a kukoricára, a szójára stb. dolgoztak ki és használnak világszerte, többek között a klímaváltozás várható hatásainak az elemzésére is.

Európában a legelterjedtebb modellek az AFRCWHEAT és a SIRIUS, illetve ezek adaptált, továbbfejlesztett változatai. Az eddigi vizsgálatok alapján megállapítható, hogy ha nem következik be jelentős agrotechnikai és genetikai változás, akkor a termésátlagok jelentős visszaesésével kell számolni még 500 ppm-es CO₂ koncentráció esetén is. A CO₂ trágyázás pozitív hatását teljesen semlegesíthetik az olyan stresszhatások, mint a megnövekedő UV-B sugárzási intenzitás, a szárazságstressz vagy a levegőszennyezés.

A CO₂ trágyázó hatásáról azért beszélhetünk, mivel a növények egyik legfontosabb "tápláléka" a szén, amelyet a fotoszintézis során a levegőből a CO₂ asszimilációjával vesznek fel. A fotoszintézis sebessége függ a levegő CO₂ koncentrációjától, a hőmérséklettől, a napsugárzástól, valamint a tápanyag- és a vízellátottságtól. Az eltérő asszimilációs utat követő növények különbözően reagálnak a hő- és szárazságstresszre, illetve a megnövelt CO₂ koncentrációra. Az újabb német vizsgálatok azt bizonyították, hogy 500 ppm CO₂ érték körül a búza szára erősebb lesz, tehát a biomassa mennyisége növekszik, a búzaszemek viszont kisebbek, tehát a termés mennyisége csökken. Az így nevelt búzából őrölt lisztből a kenyér sem kel meg úgy, mint a jelenlegi koncentráció körülményei között nőtt búzából. A kísérleti cipó kisebb, tömörebb és kevésbé élvezhető volt.

A legtöbb növény növekedése felgyorsul melegebb hőmérsékleten, feltéve, hogy elegendő tápanyag és víz áll rendelkezésre. Egy bizonyos küszöbérték felett azonban a túl magas hőmérséklet hőstresszhez vezet, amely a növekedés mértékének csökkenését vagy akár a növények elhalását is okozhatja. Néhány esetben a túlzott meleg sterilizálja a polleneket, amelyek a növények hím szaporító részét képezik, emiatt nem alakul ki termés.

A fent leírt várható hatásokat figyelembe véve a növénytermesztés hatékonysága javulni fog a közepes és magasabb szélességi körök mentén, alapvetően a fejlett országokban, a növekvő fotoszintézis, a hosszabb tenyészidőszak és a hosszabb fagymentes periódus miatt. Ugyanakkor az élelmiszerrel való ellátottság a Földközi-tenger térségében bizonyos területeken veszélybe kerülhet, lásd a 18. ábrát.



18. ábra: A gabona terméshozam változásának %-os előrejelzése 2080-ra az 1961-1990 közötti időszakhoz viszonyítva a CM3/HIRHAM A2 scenárió szerint [1]

Néhány fontosabb országot tekintve a 10. táblázatban leírt százalékos változások várhatóak a búzahozamokban a CO₂ koncentráció megduplázódása esetén.

10. táblázat: Az országonként várható búzahozam megváltozása a CO₂ koncentráció megduplázódása esetén [2]

Ország	A búzahozam változása [%]
Kanada	27
Oroszország	25
Kína	17
Ausztrália	10
Franciaország	8
India	4
USA	-2
Uruguay	-23
Egyiptom	-28
Brazília	-32

Jelenlegi ismereteink szerint a klímaváltozás hatására földrészenként az alábbi változások várhatók a mezőgazdasági termelésben:

- Európa: Észak-Európában a klímaváltozás pozitív hatással lesz a mezőgazdasági termelésre, ugyanakkor Európa keleti és déli részein a produktivitás csökkenni fog.
 - Afrika: A gabonafélék termésátlagai csökkenni fognak, ezáltal romlik az élelmiszerellátás biztonsága is. A sivatagosodási folyamat folytatódik Afrika számos térségében, aminek következtében csökken a mezőgazdaságilag hasznosítható terület.
 - Ázsia: Az északi területeken a kedvezőbb klimatikus feltételek következtében növekedhetnek a hozamok és a termesztési zónák északra tolódásával a mezőgazdaságilag művelhető területek is növekednek. Ázsia déli részén és a kapcsolódó szigetvilágban az élelmiszerbiztonság csökken a tengerszint emelkedése, a szárazság és egyéb időjárási anomáliák következtében.
 - Ausztrália és Új-Zéland: A várható hatások kiegyenlítik egymást. Területenként a kedvezőbb feltételek javítják az élelmiszertermelés hatékonyságát, ugyanakkor egyes területeken romlanak a feltételek. Jelenleg ezzel a viszonylag pozitív scenárióval szemben Ausztráliában tragikus szárazság pusztít már évtizedek óta. Ez is a scenáriók nagy időléptékű jóslásának a jogosságát bizonyítja, rámutatva a rövid távú eltérések reális lehetőségére és a rövid távú előrejelzések korlátaira.
 - Dél-Amerika: A fontosabb növények hozamai a földrész jelentős részén csökkenni fognak. Különösen veszélyeztetett az Amazonas-medencéje.
 - Észak-Amerika: Európához hasonló megállapítások tehetők. Az északi területeken, így Kanadában, az USA északi részein a termesztési feltételek javulnak, a déli területeken viszont romlanak majd. Ennek jelei már most is jelentkeznek a fokozódó elsivatagosodásban és a növekvő számú erődüzekben. [3]
- Termőhely változás

Tudósok becslése szerint egyharmad és 50% közötti léptékben már átalakította a földfelszínt az emberi tevékenység. A Föld tájképére gyakorolt legnagyobb hatás a mezőgazdaság számlájára írható. A földfelszín 12%-a – amely megegyezik a Dél-Amerikai kontinens területével, állandó művelés alatt áll. [4]

Az intenzív mezőgazdasági tevékenységnek köszönhetően a következő harminc évben a legtöbb fejlődő országban a termőképesség általában csökkenni fog. Az ENSZ Mezőgazdasági és Élelmezési Szervezete azonban azt állítja, hogy a termelés így is kielégíti majd az igényeket, még a világ népességnövekedése ellenére is. 2030-ra a globális mezőgazdasági termelés 75%-a a fejlődő országokba rendeződik át, az 1960-as 50 százalékos arányhoz képest. [4]

A talaj termőképességére a klimatikus változások is hatással lesznek:

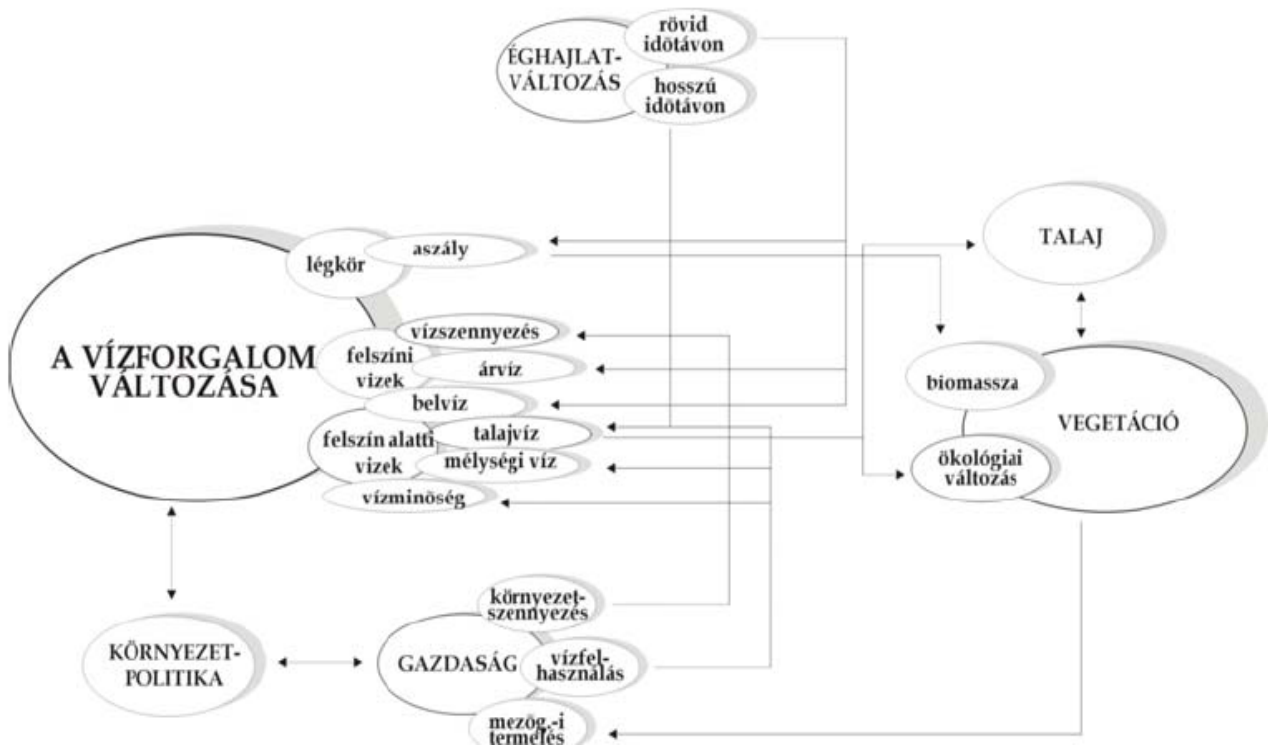
- A magasabb levegőhőmérséklet következtében a termőréteg hőmérséklete növekszik, amely meggyorsítja a szervesanyag-lebomlást. E folyamatok ellensúlyozására nagyobb mennyiségű műtrágya felhasználására lesz szükség, és ez nem csak költségnövelő tényező, de negatív hatással van a környezetre is, pl. a talajvízre és a levegőre. A fokozott műtrágya felhasználás következtében a talaj-növény-légkör rendszerben növekedni fog a CO₂ és N₂O üvegházhatású gázok kibocsátása is.
- A szerves tüzelőanyagok elégetéséből származó, növekvő CO₂ eredményeképpen csökken a növények fajlagos párologtató képessége, vagyis javul a rendelkezésre álló víz hasznosulása. Ez a pozitív hatás azonban nem ellensúlyozza a hőmérséklet növekedése következtében növekvő párolgást (evapotranszpirációt). A növekvő párologtatás segíti a talaj gyorsabb kiszáradását, amely az elsivatagosodási és a talajeróziós folyamatok megindulását segíti elő. Az elsivatagosodás és az aszály olyan globális dimenziójú problémák, amelyek 100 országban több mint 900 millió ember életét érintik. [1] Évente mintegy 6-27 millió hektárnyi terület válik a sivatagosodás áldozatává és a világ szárazföldi területeinek mintegy 70%-át veszélyezteti. Az elsivatagosodás a termőföld helytelen használatára vezethető vissza, amelynek a hátterében két összefüggő komplex rendszer áll: az ökoszisztéma és a humán szociális rendszer. Számos helyen az elsivatagosodási jelenség a túlzott állattenyésztésre, a túlzott fölhasználati tevékenységre vezethető vissza, másrésről a globális felmelegedés, amely a forróbb és szárazabb körülményekért felelős, a sivatagos területeket északi irányban terjeszti ki, bekerítve azokat a területeket, amelyek eddig még nem voltak veszélyben.
- Az elmúlt 40 év folyamán a világ termőterületeinek egyharmada -1500 millió hektár – vált terméketlenné a talajerózió miatt. A talajkárosodás javítása hosszadalmas folyamat, kb. 500 évet igényel egy 2,5 cm-nyi talajréteg keletkezése mezőgazdasági körülmények között. A mezőgazdasági területek erodálásának jelensége azt a tendenciát erősíti fel, hogy egyre több legelőt, erdőt irtsanak ki és alakítsanak át termőterületté. A mezőgazdasági földterületek iránt megjelenő igény okozza a világ erdőirtásának mintegy 60-80%-át. [4]
- Az éghajlatváltozás a mezőgazdasági régiók eltolódását vonhatja maga után, és ez kiváltja a természetű növények és azok kártevőinek vándorlását is. Ennek következménye lehet pl. az is, hogy az új területen megjelenő kórokozók és állati kártevők azokat a természetes növényi társulásokat is megtámadhatják, amelyek azelőtt nem voltak kitéve a kultúrnövényeket károsító – számos esetben sokkal agresszívabb – fajoknak.

- Vízgazdálkodás

Az egyre gyakrabban jelentkező aszály miatt a talajvíz szintje lesüllyed, így egyre fokozottabb igény jelentkezik az öntözésre. Azonban a mezőgazdasági vízfelhasználás várhatóan korlátozottabb lesz, mint jelenleg. Ennek alapvető oka az, hogy a magasabb

hőmérséklet következtében növekszik a lakossági és az ipari vízfelhasználás is, amely esetenként korlátozhatja, illetve drágíthatja a mezőgazdasági vízfelhasználást.

A 19. ábra a vízforgalom változását, az ehhez tartozó környezet politika és gazdaság kapcsolatát szemlélteti az éghajlatváltozás függvényében a talajra és a vegetációra vonatkozóan.



19. ábra: A természetes vízforgalom változásának környezeti következményei [2]

4.2 A klímaváltozás hatásai Magyarországon

4.2.1 Mezőgazdasági hatások

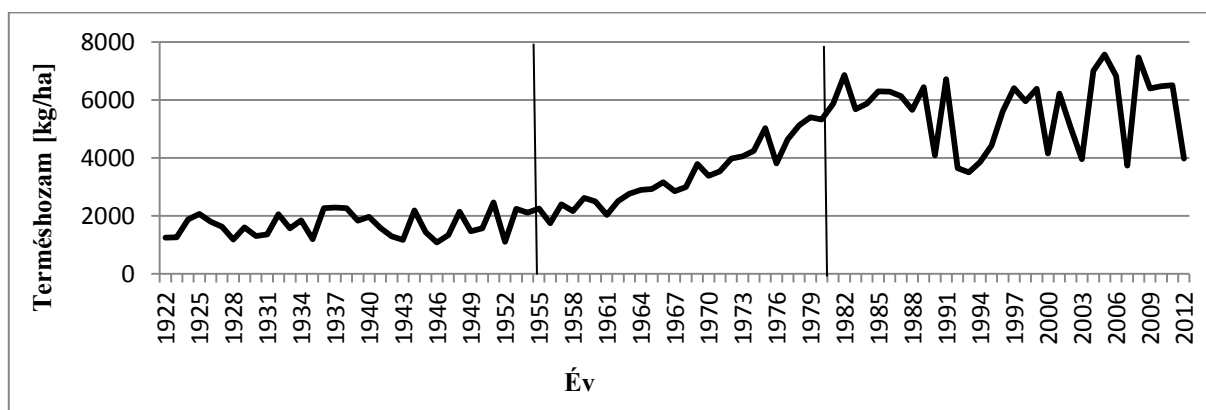
Magyarországon az egyre szárazabbá váló klíma hatására várható, sőt részben már ma is megfigyelhető a mediterrán, valamint a balkáni növényfajok nagyobb térhódítása, továbbá a kozmopolita és adventív fajok pl. a gyomnövények elterjedése. Bizonyos hidegtűrő és csapadékkedvelő növények, mint pl. a burgonya, amelyek termesztése főleg tőlünk északabbra optimális, kritikus helyzetbe kerülhetnek. Stabilizálódhat viszont más, hőigényesebb növények hozama.

Fokozza a hazai élővilág érzékenységét a kemizált nagyüzemi mezőgazdaság, a tájmozaikot homogenizáló földhasználat, a nagy területek vízháztartását deficitessé tevő meliorációs programok, a szűk ártereken a ligeterdők kiirtása, stb. [5]

A magasabb hőmérséklet és a több napfény a vízhiányos, aszályos időszakok miatt nem tud kellően hasznosulni. Várhatóan növekedni fognak az extrém időjárási tényezők károsító hatásai, mint pl. a napégés. Ezen viszonyok már jelenleg is súlyos károkat okoznak, amelyek különösen a zöldség- és gyümölcsstermesztésben éreztetik hatásukat.

A vízerózió megjelenése a klímaváltozás következtében egyre inkább szélsőséges formában fordulhat elő. Vagyis a mozgási energia megnövekedése következtében a talajkészlet még inkább veszélyeztetetté válik, amely ellen céltudatos vízgazdálkodással lehet védekezni. Összesített adatok szerint 2,3 millió hektáron figyelhető meg eróziós kártétel.

Ha az elmúlt közel 100 év szántóföldi növényeinek terméshozamát vizsgáljuk, akkor azonnal szembe tűnik, hogy a termés hozambeli ingadozása már a 20. század első felében is megmutatkozott, azonban kisebb intenzitással. A kukorica azon túl, hogy fontos élelmiszernövény a bioetanol gyártás alapanyaga is.



20. ábra: A kukorica hektáronkénti terméshozamának alakulása [6]

A 20. ábra szerint 1922-től napjainkig 3 fő szakaszt különíthetünk el. Az 1922-től 1955-ig tartó időszakban elsősorban szerves trágyát alkalmaztak, a műtrágyák a felhasznált tápanyag csupán 5%-át tették ki. [7]

Az ezt követő időszakban az 1980-as évekig egy folyamatos hozamnövekedést figyelhetünk meg, amely annak köszönhető, hogy a szerves trágya és a felhasznált műtrágya aránya megváltozott, 85% lett a műtrágya és 15% az istállótrágya. [7] Emellett megkezdődött egy komoly növénynemesítési tevékenység a minél kedvezőbb terméshozamok elérése érdekében.

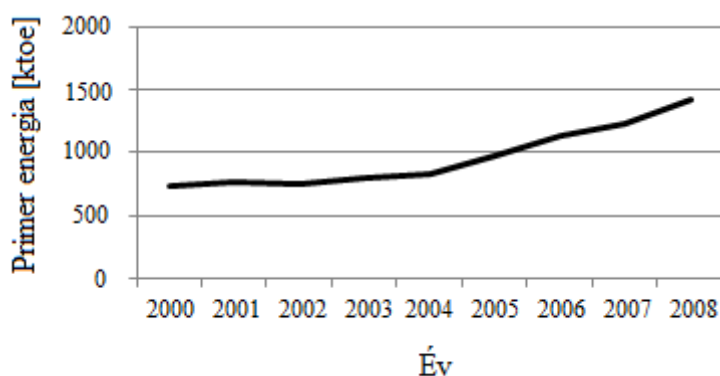
Az utolsó szakasz - az 1980-as évektől napjainkig - már komoly termésingadozást mutatnak, két egymást követő év terméshozama között 3,8 t/ha terméskülönbség is előfordult. Az elmúlt 10 év átlagához képest 2003-ban és 2007-ben 35-40%-al kevesebb kukorica termett. Ugyanez az érték Ausztriában és Németországban maximum 18%-os volt [8]. Az utóbbi években megnőtt az aszályos időszakok száma, amely a 2011-es és a 2012-es évben is komoly problémát jelentett. A növénytermesztőket ugyan közvetlenül érinteti az aszály, az állattenyésztők esetében

azonban a takarmányhiány miatt nagyobb károkat, haszonkiesést okozhat. Mindez annak köszönhető, hogy Magyarországon az infrastruktúra és a gépállomány fejlesztésre szorul, valamint kisebb az öntözött területek nagysága, ezáltal a növénytermesztés nem tudja kiküszöbölni az időjárás viszontagságaitól való jelentős függőséget.

2014-ben a sok csapadék okozott károkat a vetésekben, és sok helyen a belvíz is megjelent a táblákon. A napraforgó esetében a sok csapadék kedvezett a különféle gombabetegségeknek, ami miatt szükség volt a fokozott növényvédelemre. A csapadék mennyisége kihatott a késői gyümölcsfajták fejlődésére is. A szőlőnél a csapadékos idő miatt erős lisztharmat- és peronoszpóra-fertőzés jelent meg.

4.2.2 Hatás az energetikai célú biomassza termesztésre

Napjainkban az egyes élelmiszer növények egyéb energetikai célokat is szolgálnak. Míg korábban a kukorica és repce csupán élelmiszernövényként szolgált, addig napjainkban a bioetanol és biodízel gyártás alapanyagát képezik, emellett a szár és a szalma is egyre nagyobb mértékben kerül hasznosításra. Amennyiben gyakoribbá válnak az aszályos évek és rendszeresen jelentkeznek szélsőséges időjárási viszonyok, az energetikai területek folyamatos alapanyag ellátása akadózhat. Ez a tendencia igen hátrányos, mivel az energiaigény drasztikusan növekszik, és ez által a biomassza felhasználása is egyre nagyobb jelentőségűvé válik, lásd 21. ábra.



21. ábra: Biomasszából termelt primer energia mennyisége [6]

A klímaváltozás hatásainak csökkentésére Európaszerte, s hazánkban is születtek tervek az alternatív energiaforrások felhasználására. Magyarországon is jelentős beruházási tervek születtek energetikai célú biomassza termesztésre. A jelenlegi hiány egyik oka, hogy a tervek szerint 2006-tól körülbelül 20 bioetanol előállító üzem épült volna hazánkban, de a 2007-es évi rendkívül alacsony kukoricatermés miatt ezekből egy sem valósult meg.

Ezek összesen minden évben 5,9 millió tonna gabonából, főként kukoricából készítettek volna alkoholt - körülbelül 2 milliárd liter össz mennyiségben. Ha minden Magyarországon tervezett bioetanol-üzem felépült volna, akkor az EU teljes igényének a hetedét itt állíthatták volna elő.

4.2.3 Hatás az erdőkre

Hazánk nemcsak éghajlati, hanem biogeográfiai szempontból is átmeneti területen van, a közép-európai lomberdőövezet és a kontinentális erdőssztyepp határán, jelentős szubmediterrán hatásokkal.

A termesztésre alkalmas területek szélére kerülő erdők a gyors klímaváltozás során veszélybe kerülhetnek, mert az őshonos fajok évtizedenként csak 1-4 km-rel képesek elmozdulni. A fenyők 400, a tölgyek 350, a bükk 200 km/évezred sebességű vándorlásra képesek. A jelenlegi trend alapján az évi átlaghőmérséklet-emelkedés Közép-Európában évi 10 km eltolódásnak felel meg. Ezek alapján a fajok vándorlási sebessége egy nagyságrenddel elmarad a kihalás elkerüléséhez szükséges sebességhez képest.

Az erdőtakaró klíma érzékenysége a Kárpát-medencében különösen nagy, mert szinte minden állományalkotó fafajunk országhatáron belül éri el a nedvességihiányból adódó elterjedési határát. Az ország nagy része sík, kevésbé tagolt, kismértékű klimatikus változás horizontálisan nagy földrajzi térségeket érint. Kutatások szerint ezeken a területeken a száraz erdőssztyepp jelentős térhódítása várható.

Magyarország erdővel borított területei közül a leginkább veszélyeztetett területek a Dunántúli dombvidékek, elsősorban Tolna, Somogy dombvidékei, a Balaton környéke, valamint a Kisalföld déli szegélye, és az Alföld. [9]

Az éghajlatváltozást az erdők esetében az abiotikus és a biotikus károk mértékén keresztül lehet leginkább kimutatni. A magyarországi erdőkben összesített erdőkárok növekvő tendenciát mutatnak az elmúlt közel fél évszázadban. [7]

A biotikus károk vonatkozásában az egyik leginkább sújtott év a 2007-es (60 000 ha), de kiemelkedő volt 1993-as év is (51 ezer ha). Ezekben a kiemelkedő években az összes abiotikus kár több mint 95%-át öt kárforma adta: az aszálykár, a fagykár, a hóterhelésből adódó töréskár, a széltörés-szeldöntés, illetve a nyári jégkár. [8]

11. táblázat: Az elmúlt húsz évben az erdőkben előforduló biotikus és abiotikus kár rekordok [10;11;12;13]

Év	Jelentős károk és kárrekordok
1993	Legnagyobb területű aszálykár (45 ezer ha)
2000	Legnagyobb területű tűzkár (1,5 ezer ha)
2003	Jelentős aszálykár (26 ezer ha) Jelentős tűzkár (0,8 ezer ha)
2004	Jelentős rovarkár (283 ezer ha)
2005	Legnagyobb rovarkár (290 ezer ha)
2007	Jelentős aszálykár (23 ezer ha) Jelentős tűzkár Legnagyobb tavaszi fagykár (31 ezer ha)
2011	Jelentős fagykár (30 ezer ha)
2012	Jelentős aszálykár (27 ezer ha) Jelentős fagykár (19 ezer ha)

A 11. táblázatból kitűnik, hogy a legtöbb kárforma az elmúlt 20 évben mutatkozott a legnagyobb mértékben.

4.2.4 Vízgazdálkodásban bekövetkező változások

- Csapadék

Magyarországon a tavaszi, őszi és téli csapadék a XX. században jelentősen csökkent. A téli csapadék nem hat komolyan az éves csapadékösszegre, hiszen a téli hónapok átlagos csapadékmennyisége a legkisebb a többi évszakhoz viszonyítva. A növényvilágra gyakorolt hatása azonban nagyon jelentős, mert túlnyomó része beszivárog a talajba, ezért a víz-háztartásban játszott szerepe nagy. Ha a vegetációs időszak elején a talaj felső rétege nem telítődik vízzel, akkor komoly mezőgazdasági károk várhatóak. A száraz talajok felszínét a szél károsítja, a lezúduló vízmennyiség pedig nemcsak a termőréteget mossa el, hanem a termést, a közlekedést, az épületeket, a gépeket és a berendezéseket is veszélyeztetheti.

A prognosztizált csapadékhiány legnagyobb mértékben a vizes és víz által befolyásolt élőhelyeket veszélyezteti, de a szárazság fokozódása a szárazabb élőhelyek és azok fajkészletének átalakulását is magával vonja. Az élőhelyek veszélyeztetettsége pedig az adott körülményekhez adaptálódott fajokat is veszélyeztetheti, átalakulásuk nemcsak az ott élő fajokra van hatással, de az élőhelyekhez más módon kapcsolódó, például az élőhelyeket táplálkozó helyként használó élőlényekre is. Az árvizek és belvizek időszakos kártétele viszont nem jelentős, kivéve a nagy folyók melletti területeket.

Fontos kiemelni, hogy a csapadékcsökkenés hazánk északnyugati területein a legnagyobb. Ez azért nem keltette fel eddig a figyelmet, mert ott a csapadék éves mennyisége jelentős volt, ellentétben az Alfölddel, annak is elsősorban a délkeleti területeivel, ahol a kevesebb csökkenés

a kevesebb éves csapadékösszegből következett be. További problémát okozhat, hogy a kevesebb csapadék intenzívebben érkezik. Ez egyrészt a csapadék hasznosulását, vagyis a vízháztartást rontja, mert kevesebb víz szivárog be a talajba, másrészt növeli a lefolyást, ami az árvízveszély fokozódását jelenti. Ha az egész csapadékjelenség hevesen zajlik le (nyári záporok) és kis vízgyűjtőn következik be, akkor a felszínborítottság és a domborzat függvényében hirtelen árhullámok alakulhatnak ki.

A KvVM adatai szerint a vízhiány jelenti a legnagyobb problémát már most is a védett természeti területeken, elsősorban a Duna–Tisza közén és a Tiszai-Alföldön, de a Dunántúlon is előfordultak aszályos időszakok, amelyek károsították a természetes ökoszisztémákat. Nagyobb mértékű csökkenés várható a vízben ma is szegény Homokhátságon. Ezért itt különösen fontos a vizek újrahasznosítása. [14]

Magyarországon az aszályos és a belvizes évek gyakorisága, nagysága és kárkövetkezménye eltérő. A nagy kiterjedésű aszályos területek jövőbeni valószínűsége nagyobb, szemben a lokális, vagy kisebb területeket érintő bel- és árvizekkel. Mindez azonban nem feledteti, hogy a növekvő rendkívüli időjárási események, a lezúduló hatalmas esőzések, havazások kisebb-nagyobb, lásd a múltban a Rábán, a Hernádon, a Körösökön és a Tiszán kialakult veszélyes helyzeteket, komoly károkat okozhatnak.

- Tavak, folyók helyzete

A hazai éghajlat mediterrán jellegének erősödése, a növekvő párolgás miatt számos kisebb tó felülete erősen lecsökkenhet, az alföldi tavak közül több kiszáradhat, amely a vizes élőhelyek, egyben az ország természeti értékeinek csökkenését, valamint a Ramsári egyezményben vállalt kötelezettségek teljesítését nehezíti. Ezen csak a vízpótlás közvetlen, közvetett lehetőségeinek megoldása segíthet. A nagyobb tavak – a Balaton, a Velencei-tó, a Fertő-tó – a mai víztömeg megtartásával menthetőek meg. A tavakban a víz kicserélődésének ideje megnövekszik, ami növelheti a sótartalmukat, és az eutrofizáció lehetőségét. A téli időszak hőmérsékletének emelkedése nyomán kevesebb gondot okoz majd a tavak és a folyók eljegesedése.

Az IPCC 2007. évi jelentése szerint a magas szélességi övekben a csapadékösszeg növekedése nagyon valószínű, míg ennek csökkenése valószínű a legtöbb szubtrópusi szárazföldi régióban. Az A1B forgatókönyv szerint 2100-ra ez a csökkenés akár 20%-ot is elérhet. Az elmúlt évek bizonyítékai alapján változások léptek életbe a hidrológiai rendszerben. Növekvő lefolyás és korábbi tavaszi csúcsvízhozam sok hótáplált folyó esetében. Ez magyarázza azt is, hogy a Duna és a Tisza vízgyűjtőjének valamennyi országában több éve komoly árvizek jelentkeznek, ahogy ez 2006-ban is történt. A károk elérték az egymilliárd forintot és a károk felszámolása, valamint az újjáépítés is több milliárd forintba került. Azóta szinte évről-évre ismétlődnek az árvízi események, amelyek mindig több-kevesebb anyagi kárral járnak.

Korábbi statisztikai átlagok alapján 2-3 évenként kisebb vagy közepes, 5-6 évenként jelentős, 10-12 évente pedig rendkívüli árvizek kialakulására lehetett számítani, amely statisztika a jövőben az extrémítások miatt, főleg a helyi események gyakoriságát tekintve bizonyára megváltozik. Ugyanakkor igen jelentős tényező az, hogy a mértékadó árvizek szintje alatt fekszik az ország területének csaknem egynegyede.

4.2.5 Hatás az emberekre és a lakókörnyezetre

Magyarországon a minimum- és maximumhőmérsékletek hasonló mértékben növekszenek. Növekszik a különböző hőmérsékleti küszöbértéket meghaladó napok (nyári, hőség és forró) száma, ami jelentősen hat az élőlényekre, például az emberi egészségre. A nyári hőségben nemcsak a szívbetegek halandósága nő, hanem az esemény az egészséges embereket is megviseli.

A minimumhőmérsékletek növekedésével emelkedik a meleg éjszakák száma. A pihenéshez hűvösebb levegőre van szükség, s ha ez nem adott, akkor az ember éjszaka nem tudja a nappali munka fáradalmait kipihenni. A hőmérsékleti határ a földrajzi szélességtől, azaz az emberek biológiai beállítódásától függ, hazánkban 20°C a küszöb. A 20°C feletti minimumhőmérsékletű napok száma növekszik. A több nyári napsütés – a felszínhez közeli rétegek szennyezettségétől függően – növeli a nyári, fotokémiai szmog kialakulásának az esélyét az ipari körzetek és a városok környezetében.

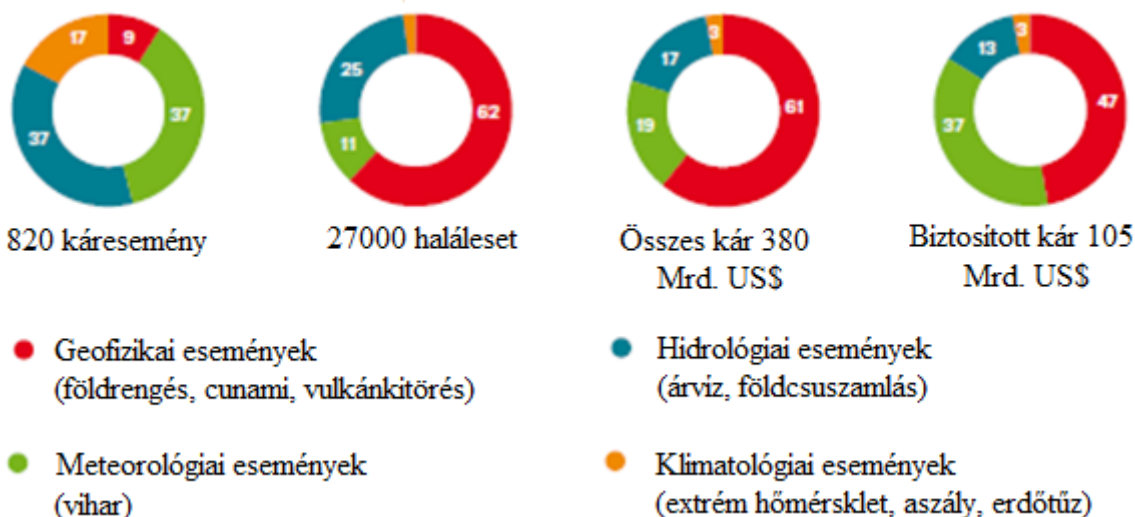
A klímaváltozás a háztartásokban több irányban is hat:

- csökkenti az energiafelhasználást a tél folyamán, mivel a magasabb téli középhőmérséklet következtében pl. kevesebb gáz, illetve tüzelőolaj fogy háztartásonként,
- fokozza a nyári energiafogyasztást a magas nyári hőmérséklet következtében, mivel a klímaberendezések száma megnövekszik és gyakoribb válik a működtetésük.

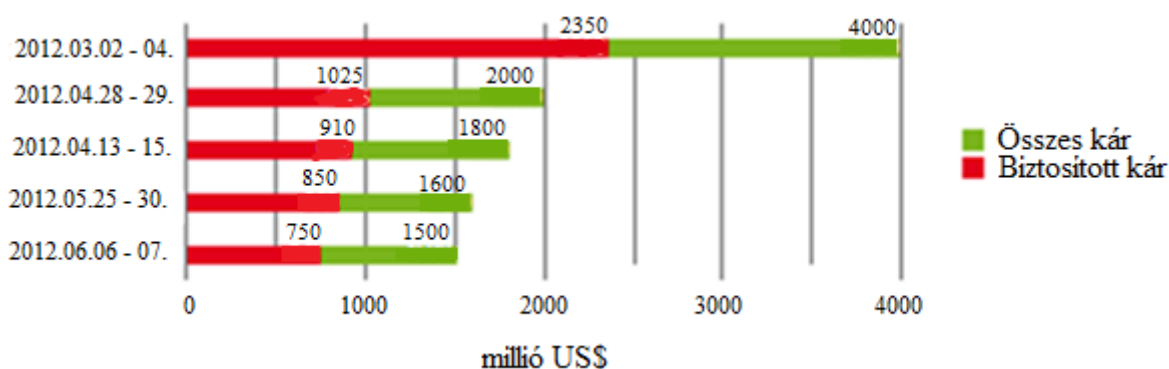
A településeken élő lakosság az energia 40%-át fogyasztja, és innen kerül ki a világ CO₂ kibocsátásának 31%-a. Ebből a lakóépületek részaránya 21% [14], amely jelzi a témakör súlyát és az e területen szükséges megtakarítás fontosságát.

4.3 A kárbiztosításban várható változások

A Brit Biztosítók Szövetsége (ABI) szerint a viharkárok világszerte 66 százalékkal nőhetnek és a helyreállítási költségek elérhetik a 27 milliárd dollárt, ha a kormányok nem tesznek azonnal hatékony lépéseket a klímaváltozás negatív hatásainak a csökkentésére.



22. ábra: Katasztrófák százalékos megoszlása a világban 2011-ben [15]



23. ábra: Az USA-t sújtó tornádók okozta károk 2012 első félévében [16]

A biztosítás az előre nem látható, de véletlenszerűen bekövetkező események anyagi követelményei, az azokból fakadó kár elleni védelem. Az elemi károk definíciójába a tűz, a robbanás, a nagy sebességű szélvihar, a földrengés, a földcsuszamlás, a felhőszakadás, az árvíz, a belvíz és a jégverés tartozik. A biztosítás vonatkozhat a biztosítás alá vont vagyontárgyakra, termékekre. Ide sorolhatók e szerint az árukészletek, a forgóeszközök, az ingatlanok, a gépek, a berendezések és azok az eszközök, amelyek a termeléshez használatosak pl. egy vállalkozásban.

Az elemi károk elleni biztosítás az egyik legrégebbi biztosítási módozat, ezért alapelveit és feltételeit az idők folyamán meglehetősen részletességgel és alaposággal dolgozták ki. Emiatt a különböző biztosító társaságok kínálata nagyjából megegyezik.

Maga az elemi károk elleni biztosítás többféle veszély esetén nyújt biztosítási védelmet. Ezek egy csoportja (pl.: a tűz, a robbanás és a villámcsapás) az úgynevezett alapfedezet része, vagyis a biztosítás megkötésével a biztosító kockázatviselése automatikusan kiterjed rá. Mások (pl.: az árvíz, a belvíz és a vihar) az úgynevezett kiegészítő fedezethez tartoznak, vagyis a biztosító

kockázatviselése azokra csak akkor terjed ki, ha a szerződésben kifejezetten megjelölik, és a rájuk eső biztosítási díjat a biztosított megfizette. [17]

A biztosítási kötvények rendszerét a klímaváltozás következtében jelentkező igényekhez kell igazítani. A klímaváltozás, különösen az extrém időjárási jelenségek gyakoriságának növekedése, illetve a kárértékek növekedése előtérbe állítja valamennyi biztosítási termék újragondolását és a biztosítási rendszer korszerűsítését. A klímaváltozás ingatlanokban, házakban, ipari létesítményekben valószínűsíthető károkozásának évi 2-4%-os emelkedésével számolnak a szakértői becslések, vagyis 10 éven belül 20%-os, 50 éven belül 100%-os lehet a károk növekedése. A mezőgazdasági üzemek különösen érzékenyek az időjárási eredetű kockázatokra, amelyek erősödése az egyébként is szerény nyereséget termelő vállalkozásokat rendkívül nehéz helyzetbe sodorhatja.

A magyarországi elemi károk elmúlt 35 évi megoszlása a következő képet mutatta: aszálykár 42,4%, jégkár 20,5%, vízkár 18,4%, fagykár 16,0%, egyéb elemi kár 2,7%. Mezőgazdasági kárbiztosítással négy biztosítótársaság foglalkozik (Argosz, Generali-Providencia, Allianz-Hungaria és OTP-Garancia). 2003-ban 19 393 M Ft befizetett biztosítási díjjal szemben 14 775 M Ft kárfizetés folyósítottak. Aszályra a nagy kockázat miatt a biztosítók nem szerződnek. A kárenyhítés – ha egyáltalán erre sor kerül – az állami költségvetés terhére történik. A jégkárok elleni védekezésben figyelemre méltó eredményeket ért el a NEFELA Dél-Magyarországi Jégeső-elhárítási Egyesülés, amely Somogy, Baranya és Tolna megye területén 104 talajgenerátort üzemeltet. Az Egyesülés adatai szerint a jégeső-elhárító rendszer működtetésével, 1 Ft ráfordítással 16,5 Ft termelési érték menthető meg.

A klímaváltozásra felkészülő biztosítási rendszer a következő intézményekből bevonásával jöhetne létre:

- piaci alapon működő biztosító intézmények és a várható hatásokhoz rugalmasan igazodó termékeik,
- önkéntes és fokozatosan létrejövő biztosító szervezetek,
- kormányzati szervezetek, illetve források, amelyeket mindenekelőtt olyan kockázatok fedezésére hoznak létre, amelyeket a piaci biztosítók nem vállalnak, ezen túl válsághelyzetek és különösen nagymértékű károk fedezésére.

A biztosítási rendszer korszerűsítése érdekében a meglévő biztosító intézmények mellett megnő az önkéntes, az önszegélyező egyéni vagy társasági, a helyi, a területi, illetve az ágazati alapon szerveződő biztosítók szerepe és felmerül az újabb biztosítási formák bevezetésének az igénye. Ilyen megoldás lehetne a jövőben például az aszálykárok ellensúlyozására bevezethető termés- vagy hozambiztosítás, valamint az egyéb klimatikus eredetű kockázati tényezőre kiterjedő komplex biztosítás, stb.. A biztosítások bármilyen irányú továbbfejlesztésében növekvő fontosságú a kármegelőzésre való törekvés, a biztosítottak preventív gondolkodásra,

cselekvésre és öngondoskodásra való ösztönzése. Ennek érdekében ajánlható a gépkocsi biztosításokhoz hasonlóan „bónusz-málusz” rendszert alkalmazni.

Célszerű a biztosítást esetenként bizonyos technikai vagy technológiai feltételekhez kötni. A különféle kedvezményekkel hatékonyan lehet a vállalkozásokat a megelőzéshez és a védekezéshez szükséges beruházások végrehajtására ösztönözni. Mind a biztosítókat, mind a biztosítottakat segítené például az elemi károk gyakoriságáról összeállított információ, statisztikák, amelyen feltüntetnék a megelőzés, a kivédés és a kárcsökkentés fontosabb megoldásait is. Megfontolandó az adóköteles jövedelem szerény hányadából olyan biztosítási alap képezése, amely fokozatosan halmozódna, kamatozna, és amelyet a vállalkozó klimatikus káresemény bekövetkezésekor felhasználhatna.

Mindezek a feltételek a piaci alapon működő biztosításoknál egyszerűbben megvalósíthatók, mint a nem piaci alapúaknál. Ez utóbbiaknál fennáll a veszély, hogy a potenciálisan érintettek megelőző tevékenysége nem működik megfelelően, mert a kárenyhítés automatikusan az ölükbe hull. Tapasztalható, hogy a különféle, nem piaci alapú biztosítási források hamar kimerülnek, a biztosítási károk pedig „újratermelődnek” a megelőzés híján. Célszerű lenne alkalmazni egy olyan pozitív diszkriminációt, amely lehetővé tenné, hogy azok a vállalatok és mezőgazdasági üzemek, amelyek felkészültek a változásokra, kedvezőbb feltételek mellett köthessenek szerződést, mint azok, amelyek nem tettek eleget ennek a változásokhoz történő alkalmazkodási követelménynek.

Felhasznált irodalom

[1] http://peseta.jrc.ec.europa.eu/peseta1_Agriculture.html

[2] Rakonczai, J. (2006): Klímaváltozás-Aridifikáció-Változó tájak, Szegedi Tudományegyetem.

[3] Harnos Zs. (2005): A klímaváltozás és lehetséges hatásai a világ mezőgazdaságára. Magyar Tudomány. Időjárás-éghajlat-biztonság. 166. évfolyam – 2005/7. szám. ISSN 0025 0325. 831 p.

[4] United Nations Environment Programme (2005): One Planet Many People. ISBN: 92-807-2571-8

[5] Racskó, J.: A globális klímaváltozás és várható hazai hatásai a növénytermesztésben MezőHÍR Mezőgazdasági Szaklap, IX, évf., 2005/6

[6] KSH-Központi Statisztikai Hivatal

[7] Katonáné G. K. (2010): Birtoktervezési és rendezési ismeretek 13. A fenntartható erdőgazdálkodás tervezése, nyilvántartásának rendszere. Nyugat-magyarországi Egyetem,

Digitális Tankönyvtár.

http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_BTRI13/ch01s02.html

[8] Hirka et al. (2010): Abiotikus erdőkárok Magyarországon (1961-2009). Erdészeti Lapok CXLV. évf. 7-8. szám.

[9] Szép T. (2010): A klímaváltozás erdészeti ökonómiai vonatkozásai. Nyugat-magyarországi Egyetem. Doktori (PhD) értekezés. Sopron.

[10] Hirka A. (szerk.) (2006): A 2005. évi biotikus és abiotikus erdőgazdasági károk, valamint a 2006-ban várható károsítások. Növényvédelem, 42 (5), 247

[11] Hirka et al. (2010): Abiotikus erdőkárok Magyarországon (1961-2009). Erdészeti Lapok, CXLV. évf. 7-8. szám.

[12] Hirka A. (szerk.) (2013): A 2012. évi biotikus és abiotikus erdőgazdasági károk, valamint a 2013-ban várható károsítások. Erdészeti Tudományos Intézet, NÉBIH Erdészeti Igazgatóság.

[13] MGSZH (2006): http://www.mgszh.hu/erdesztet_cd/htm/7_3_2_fejezet.htm

[14] VAHAVA 2006

[15] Die Welt (2012): Versicherer beklagen das teuerste Jahr aller Zeiten. 2012. 01. 04. <http://www.welt.de/wirtschaft/article13797533/Versicherer-beklagen-das-teuerste-Jahr-aller-Zeiten.html>

[16] München Re, Pressemitteilung 13. Juli 2012.

[17] Elemi károk biztosítása. Munkaadó lapja. 22. sz. 1999/10. <http://munkaugyilevelek.hu/1999/10/elemi-karok-biztositasa/>

5. Klímavédelem lehetőségei az élővilágban

A változó éghajlathoz való alkalmazkodás lehet

- spontán, vagy
- előre eltervezett cselekvés.

A mai világban a negatív hatások minimalizálását és a pozitív hatások erősítését az érintett társadalmaknak kell megtervezni.

A tervezés során öt általános stratégia segíthet a klímaváltozáshoz történő alkalmazkodásban:

- előzetes intézkedéseket kell tenni a veszteségek csökkentésére, pl. gátak építésével a tengerszint emelkedés vagy az árvíz okozta veszélyek ellen,
- lehetséges a veszteségeket egy elviselhető szintre csökkenteni, pl. a mezőgazdasági kultúrák vetésterületi arányainak és azok földrajzi elhelyezkedésének a módosításával,
- a klímaváltozás miatt fellépő károk mérséklését, pl. a veszteségek megosztásával, a kormány katasztrófa elhárítási intézkedései révén lehet elérni,
- a közösségek megváltoztathatják azokat a tevékenységi fajtákat vagy szokásokat, amelyek a fellépő klímaváltozás miatt már nem alkalmazhatók,
- a közösségek megváltoztathatják tevékenységük helyét, pl. újra üzembe helyezhetnek egy vízerőművet egy adott helyen, ahol újra megnőtt a hasznosítható vízmennyiség.

Az alkalmazkodási stratégiák kidolgozását nehezíti a bizonytalanság. Általában nem lehet mennyiségileg jellemezni a jövőbeli hatásokat sem egy adott rendszerben, sem egy adott helyen. [1] Ezért bővíteni és fejleszteni kell a klímaváltozással foglalkozó egyetemi oktatást és az ilyen tárgyú kutatásokat, mind az alapkutatást, mind a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás kutatását.

5.1 Klímavédelmi technológiák a mezőgazdaságban

A mezőgazdaságban a fő feladat a területek általános termékenységének a megtartása új természetstechnológiák kifejlesztésével. A mezőgazdaság számára rendkívül kritikus pont a vízügyi politika kialakítása, különösen azokon a területeken, ahol a vízhiány egyre nagyobb gondot jelent. A talajok értékét a táperő helyett egyre inkább a rendelkezésre álló vízkészlet határozza meg. Fontos a klímaváltozáshoz való alkalmazkodásban a talajok víztartó képességének a megőrzése, illetve javítása a helyes talajművelés, talajmelioráció vagy szerves trágyázás segítségével.

- Aszály elleni védekezés

Az aszály elleni megelőző védekezési módszerek közül a legtöbb lehetőség az okszerű talajművelésben rejlik. Az okszerű talajművelés pozitív hatással van a talajok víz-, hő- és levegő gazdálkodására, csökkenti az erózió (víz általi talajpusztulás) és a defláció (szél általi talajpusztulás) negatív hatását. A talajművelés azonban csak abban az esetben jelent növekedést közvetlenül a növényi produktumban, ha a folyamatosan, hosszú éveken át végzett, kitartó és tudatos munkára épül. A tartós szárazság elleni védekezésnek számos módszere van.

a. Öntözés

A globális vízfogyasztásért mennyiségének 80%-át a mezőgazdaság adja. Az öntözés drasztikusan csökkenti a talajvíz szintjét. Elsősorban intenzív kultúrában lehet gazdaságos. Magyarországon jelenleg a teljes szántóterület 3-4%-a öntözhető, amely arány várhatóan a közeljövőben sem fog jelentősen módosulni. Az öntöző berendezések létesítésének és fenntartásának a költsége a legtöbb szántóföldi növény termesztésénél nem teszi lehetővé a gazdaságos üzemeltetést. Jelentős gond továbbá az időzítés. Akkor lenne a legnagyobb szükség öntözővízre, amikor a felszíni vagy felszín alatti vízkészletek is megcsappannak a kedvezőtlen időjárási viszonyok miatt. Ma már a növekvő ivóvízhiány miatt a mezőföldek öntözésére az úgynevezett csepegtető technikát alkalmazzák a világ legtöbb pontján, amelyhez az öntöző víz fele vagy harmada is elegendő. A megoldás azonban problémás lehet részint a magas ár, részint a némely növénynél szükséges páratartalom biztosítása miatt. [2]



24. ábra: Csepegtető öntözőtechnika [3]

Országos méretekben az öntözés hosszú távon nem jelenthet megoldást az aszály elleni védelemben, hanem előtérbe kell helyezni az agrotechnika és a biológiai alapok nyújtotta lehetőségeket.

b. Növénynemesítés

Növénynemesítéssel néhány év leforgása alatt válaszolni lehetne az éghajlatváltozás bizonyos kihívásaira. Az alkalmazkodás folyamatában a genetikai sokféleség is szövetséges lehet.

A kutatásokat fokozni kell az olyan fajták kifejlesztésére, amelyek például nitrogéntartalmú műtrágyákból kevesebbet igényelnek. E mellett fontos az aszálytűrő fajták előállítás. Az Országos Mezőgazdasági Minősítő Intézet (OMMI) fajtakísérleteinek az eredményei jó támpontot adnak az adott térségben és talajtípuson alkalmazható legkiválóbb fajták alkalmazásához. A helyes fajta megválasztása az időjárás szélsőségei elleni megelőző védekezés egyik leghatékonyabb és leggazdaságosabb formája.

c. Fizikai talajállapot

A talaj kedvező fizikai állapota (szerkezetes, tömör zárórétegtől mentes) a kedvezőtlen időjárási jelenségek mérséklésében alapvető fontosságú. Hazai talajainkban még ma is gyakori probléma a tömör réteg kialakulása a nagy menetszám, a rendszeres azonos mélységű szántás és tárcsás művelés következtében. Tömör záróréteg jelenléte nem csak a belvíz kialakulását segíti elő, de az aszályhatást is fokozza. A talaj vízáteresztő képességét ugyanis a felszín és a tömör réteg közötti szelvény vastagsága határozza meg. Minél vékonyabb ez a réteg, annál nagyobb az esélye aszályhatás kialakulásának, mivel a nedvesség nem tud a mélyebb rétegekben elraktározódni, hanem visszakerül a légkörbe a párolgás révén.

A tömör záróréteg megszüntetésének és megelőzésének legfontosabb módszerei:

- vetésforgó alkalmazása,
- talajlazító növények termesztése,
- művelés mélységének változtatása,
- időnkénti talajlazítás.

A talajmunkák közül fontos a tarlóhántás, amely a nyári betakarítású növények tarlóján végzett sekély, legfeljebb 10-15 cm mély talajmunkát jelenti. Az aszály káros hatásainak mérsékléséhez elengedhetetlen a végrehajtása. A hántott réteg talaját úgynevezett késleltetett vízleadás jellemzi. A tarlóhántás (sekély talajmunka) önmagában a párolgást növeli, ezért a felületet hengerrel minden esetben le kell zárni. Az ilyen módon kialakított kettős szigetelő réteggel (nem művelt talajréteg a lazító művelés alatt, illetve a felszíni tömörítés) a nedvesség veszteséget csökkenteni lehet. A sekélyen hántott tarló, amelyre a tarlómaradványok részleges bekeverése és felületen maradása egyaránt jellemző, átlagosan 8-36%-kal kevesebb nedvességet veszít, mint a rögös vagy nyitottan hagyott tarló. Emiatt a tarlóhántás a nedvességtakarékos termesztési technológiák egyik legfontosabb elemének tekinthető.

Magyarországon az utóbbi években a takarékoskodás kényszere sok gazdálkodót készített arra, hogy kihagyja művelési rendszeréből a tarlóhántást, amely azonban az alapművelés energiaigényét növelheti meg azon túl, hogy a talajbeéredés (a talajélet és a művelés

kölcsönhatásában létrejövő állapot) folyamata nem indul meg. Abban az esetben lehet indokolt a tarlóhántás elhagyása, ha a nyári időszakban elegendő csapadék éri a talajt, illetve ha a talaj védelem alatt áll. Ilyen talajfajták például a deflációra hajlamos homoktalajok.

A tarlóhántás elvégzésére bármely sekélyen lazító és porhanyító eszköz (tárca, ásóborona, kultivátor, talajmaró) alkalmas. A tarlóhántás fentiekben leírt kedvező hatásai csak abban az esetben érvényesülnek, ha néhány fontos szabályt betartunk:

Az alpművelés a talajművelés rendszerében a legmélyebb talajmunkát jelenti, ezért különösen ügyelni kell arra, hogy a lehető legkevesebb nedvesség veszteséggel járjon. A leggyakrabban ekével végzik. A szántást a szakirodalom és a köztudat általában a leginkább nedvességpazarló eljárásként tartja számon. Ez a megállapítás azokra az esetekre érvényes, amikor nem a megfelelő időben és módon végzik el. A szakszerű forgatásos művelés száraz időszakban szintén lehet víztakarékos, ha a felszínét rögtön a művelet után lehetőleg azonos menetben elmunkálják.

Az aszály szempontjából a szántás számos veszélyt is magában hordoz. Elsősorban takarékosági szempontok miatt számos gazdálkodó hagyja el a nyári betakarítású növények tarlóján a hántást, és július végén, augusztusban 20-25 cm mélyen felszántja azt. A nyári szántás azonban rendkívül kockázatos, kiszárítja a talajt (nem indul meg a biológiai feltáródás, a szerves anyag lebomlásából keletkező szén-dioxid akadálytalanul távozik a légkörbe), különösen abban az esetben, ha nem történik azonnali elmunkálás.

A talajművelés valamennyi munkaműveletének tehát a nedvességgazdálkodást kell szem előtt tartania, mert hosszú távon sokkal hatékonyabban mérsékelhetőek az aszálykárok olyan termőhelyen, amelyen a megelőző években is a víztakarékosság figyelembevételével avatkoztak be a talaj állapotába. [4]

d. Szervesanyag-gazdálkodás

A szerves anyag (élő és élettelen egyaránt) a talaj egyik legértékesebb alkotóeleme, amely kedvezően befolyásolja a művelhetőséghez tartozó talajnedvesség tartományát, vagyis magas szerves anyag tartalom mellett a talajművelés kevésbé kitett az időjárási körülményeknek. A talaj szerves anyag tartalma hordképesebbé teszi a talajt, amely a taposással szemben is ellenállóbbá válik, így megnöveli a lazítás tartamhatását. Szerves anyagban szegény talajon a lazítás hatása jelentősen csökkenhet. A szerves anyagban gazdag talaj ellenállóbb lesz a szárazsággal szemben, több nedvesség hosszútávú raktározására képes.

Hazai termőhelyeink szervesanyag tartalma az elmúlt évtizedek intenzív művelésének következtében jelentősen csökkent. Talajkímélő művelési módszerekkel a szerves anyag veszteség megállítható, sőt hosszútávon sikeresen növelhető. Kerülni kell a tarló- és szalmaégetést, a betakarítás során egymenetes szalmaaprítással a növényi maradványok jól

előkészíthetők a későbbi talajmunkákhoz. A mulcshagyó művelés és technológia (a talaj felszíne vetés után is részben növényi maradványokkal fedett) csökkenti a nedvességveszteséget, a termőhely kevésbé lesz kitéve az időjárás viszontagságainak, egyúttal hozzájárul a stabilabb, tartósabb talajszerkezet kialakulásához, és végső soron a biztos termésmennyiséghez. [4]

A kedvező tápanyaggal ellátott talajban fejlődő növény sokkal inkább ellenáll az időjárás szélsőségeinek. Kutatási és gyakorlati eredmények egyaránt azt mutatják, hogy a kedvező és kedvezőtlen ellátottságú talajokon megjelenő terméskülönbségek aszályos évjáratokban sokkal nagyobbak, mint átlagos, kedvező csapadék-ellátottságú években.

Fontos a mezőgazdaság területén a tápanyag ellátásban a műtrágyák hatékonyabb felhasználása. Már jelenleg is léteznek olyan technológiák, amelyek alkalmazása kevesebb üvegházhatású gázkibocsátással jár. Viszont ezek ma még többnyire drágábbak, mint a szennyező technológiák.

- Növényvédelem

A növényvédelemben az eddigi tapasztalatok alapján várható, hogy a klímaváltozás következtében új növényi kórokozók és kártevők, illetve gyomok jelennek meg hazánkban is. Ezek a hagyományosokhoz képest agresszívebbek, és tömeges megjelenésük is valószínűsíthető. Viszonylag új folyamatról van szó, ezért az alkalmazkodásban megnő a szaktudás, az előrejelzés, a szervezett szak-tanácsadás és a korszerű technikai eszközök, védekező tartalékok, valamint az integrált növényvédelem szerepe. Az integrált növényvédelem lényege, hogy a különböző védekezési eljárásokat (agrotechnikai, fizikai, kémiai, biológiai, egy szűkebb területen biotechnológiai) egymást kölcsönösen kiegészítve alkalmazzák úgy, hogy a környezetre nézve káros peszticidek felhasználására a lehető legkisebb mértékben kerüljön sor. A növényi betegségek, a kártevő állatok és a gyomnövények elleni védekezésben a precíziós technika, valamint a gyomnövénytan eredményeinek elterjesztése a cél. A precíziós növényvédelem célja a termőhelyen a károsító szervezetek pontos felderítése, és olyan védekezési technológia alkalmazása, amely nyomon követi a heterogén előfordulást. Szélsőséges esetben a művelt terület egy jelentős részén nem, vagy csak a kártételi küszöb alatti mennyiségben található károsító szervezet. Ez esetben lokálisan elmaradhat a védekezés. Ilyen döntések nagy költségmegtakarítással járhatnak és jelentősen csökkenhetik a környezet peszticid (növényvédőszer -terhelését. [5]

- Állattartás

A klímaváltozás hatásai számtalan kérdőjelet vetnek fel az állattartásban, az állattenyésztésben, az állati termékek előállításában, valamint a belföldi igények kielégítésében és az exportban. A klímaváltozás nehezíti a már amúgy is lecsökkent állatállomány tartását. Az utóbbi évek hőségnapjai és csapadékhiányos időszakai megviselték az állatokat, rontották a szántóföldi takarmányok és gyepek hozamát, valamint minőségét, továbbá rávilágítottak az épületek és a technológiák, valamint a takarmányozás hiányosságaira.

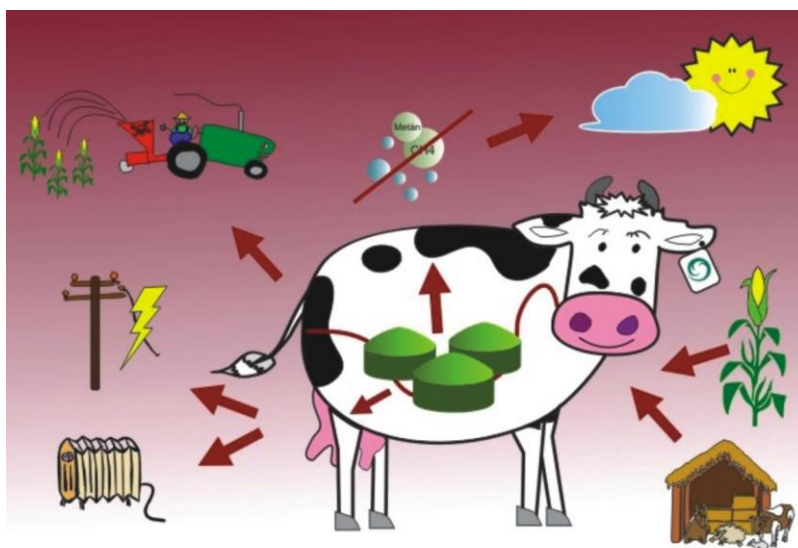
A hazai éghajlati adottságok mellett a gabonára alapozott állattartásban általában kisebb az időjárási eredetű kockázat, mint a szálalás-lédús takarmányokat fogyasztó állomány körében. A gabonára alapozott állattartást a meleg-száraz tendencia erősödése kevésbé érinti hátrányosan, annak ellenére, hogy a fajlagos hozam csökkenhet és a takarmányfajták minősége esetlegesen romolhat. Az abrakfogyasztó állatállomány csökkenése miatt jó időjárás esetén jelentős gabonafeleslegek halmozódhatnak fel és okozhatnak jelentős értékesítési, szállítási és tárolási problémákat. Ilyen esetekben a megoldás többirányú: megfelelő és elegendő tároló kapacitás kiépítése, valamint aktív piackeresés az értékesítéshez, és bioenergetikai hasznosítás, illetve az állatállomány növelése, hogy a gabona hússá, illetve állati terméké alakuljon át.

A várható felmelegedés hatásainak az ellensúlyozása, a védekezés és a megelőzés megnöveli a költségeket. Ilyen megoldás pl. árnyékolók építése, a szellőztetés és a szigetelés megvalósítása az állattartó épületekben, valamint a legelők, az állattartó épületek és a telepek környékének a fásítása stb.. Némi ellensúlyozást jelenthet a takarmánytermelés helyi adottságainak maximális hasznosítása, kombinálva azt az olcsó kivitelezésű öntözőberendezések alkalmazásával.

Ismeretes, hogy a klímaváltozás hat az állattenyésztésre, miközben az állattartás is hat a klímára (elsősorban CO₂, N₂O, CH₄ kibocsátás révén). Ez világszerte komoly problémát okoz a fokozódó húsfogyasztás következtében. Jó megoldás lehet a táplálkozási szokások megváltoztatása, amelynek a bevezetése után a napi kalória-bevitelnek mindössze 25 százalékát biztosítaná állati eredetű élelmiszer. [6]

Megnő a trágyakezelés és a trágyatelepek fontossága a keletkező gázok csökkentése érdekében. Fokozódik a hígtrágya hasznosítás jelentősége is, ami számtalan problémát okozott a közelmúltban. Törekedni kell az állattenyésztésben az állatállomány metánkibocsátásának lehetőleg minimálisra csökkentésére, vagy a kibocsátott metán visszanyerésének az elősegítésére.

A biogáz telepek működtetése alternatív energiaforrásnak számít, amely egyúttal a légkörvédelmet és a tápanyag visszapótlást is szolgálja. A metán elégetése során a biogáz széndioxiddá alakul át, így csökken a kedvezőtlen üvegházhatás mértéke. A visszamaradó anyag kitűnő szervestrágya.



25. ábra: A biogáz termelés szerepe a klímavédelemben [7]

Az állattartó telepeknél a meleg és a szárazság miatt a vízellátás biztosítása, a takarékos felhasználás, valamint a tartalékolás előrelátó intézkedéseket igényel.

A klímaváltozás számos állategészségügyi problémát is felvet. Ezek elsősorban a megváltozott epidemiológiai viszonyokat, másrészt az állatállomány terhelhetőségét, védekezési esélyeit érintik. Számolni kell eddig ismeretlen paraziták és kártevők megjelenésével, továbbá a betegségek közvetítő vektorok megváltozásával. Kiemelt fontosságú feladat az állategészségügyi szervezet megfelelő felkészítése egy várható klímaváltozás körülményeinek hatékony kezelésére.

A többcélú víztározók létesítésére – sokoldalú hatása miatt – célszerű országos, regionális programokat kidolgozni, hasznosítva a kedvező terepadottságokat, s a mezőgazdasági művelésből kikerülő területeket.

Miközben mind társadalmi és helyi érdekből, mind vízgazdálkodási, árvízvédelmi, környezet- és természetvédelmi valamint vidékfejlesztési érdekből is sürgető a hazai víztározók és halastavak létesítése, a felmelegedéssel és szárazodással egyre élesebben merül fel – különösen kisvizek idején – a tározók, tavak feltöltése, illetve vízutánpótlása. Ezért, továbbá a kedvezőbb mikroklíma, a temperáló hatás és a botulizmus elkerülése érdekében nagyobb mélységű tavak (10-40 m) szükségesek, amelyeket a nagy vízhozamok idején lehet feltölteni. [5]

5.2 Klímavédelem az erdőszetben

A gazdaságilag fontos fafajok tekintetében megállapítható, hogy magyarországi előfordulásuk az alsó ökológiai határon van, és azt is be kell ismerni, hogy nincs igazán őshonos alternatívájuk. Amennyiben a zárt erdei ökoszisztémáknak domináns, uralkodó fajait elveszíti az ország, akkor nem tudunk helyettük más, közeli régiókban honos fajokat betelepíteni. A

csekély felszíni tagoltság sebezhetővé tesz bennünket. [8] Ezért törekedni kell a jelenlegi fajok és társulások megtartására, akár mesterséges úton is.

A hazai erdőkben évente leköttött szén mennyisége csaknem 7 M tonna, melyből 5 M tonna újból felszabadul (légzés, lebomlás) és a légkörbe jut, de több mint 2 M tonna az erdők élőfa készletében és a faipari termékekben tartósan megkötve marad. Ezért rendkívül fontos az erdők és az állami, magán, valamint közületi tulajdonban lévő városi, és vidéki zöldfelületek növelése, felújítása, gondozása, többcélú – légkört és a környezetet kímélő – hasznosítása, ami sürgető, és így megfelelő feltételeket és támogatást igénylő összetett feladat. Ebben újszerűen merül fel a termőhely, a fafajok és a cserjék megválasztása, az erdőgazdálkodás módja, a vadgazdálkodás, a fa felhasználása, valamint általában a zöldfelületek (például zöldtetők stb.) létesítése.

- Genetika

A változásokhoz való alkalmazkodási képességben a genetikának jelentős szerepe van. Az élőlény környezeti tényezőkkel szembeni, genetikailag meghatározott túróképessége jól szemléltethető a toleranciagörbével. A toleranciahatár nem egy éles vonal, elérése előtt már jelzések érkeznek. A faj vitalitása gyengül, a növényeket kórokozók támadják meg, amelyek a betegségek támadásának kevésbé tudnak ellenállni. Ez a jelenség napjainkban is jól megfigyelhető, például a bükkön, de a legszembetűnőbb a lucfenyőn, amely a szélsőségesen száraz időjárás miatt legyengült és nem tud ellenállni a szűfélék inváziójának, ezért magyarországi megmaradása kérdésessé vált. A klímaövek eltolódásának a problematikája nemcsak az erdőállományokat érinti, hanem hatással van a szaporító források átrendezésére is. [8] A megfelelő válaszlépések megtételéhez nem lehet nélkülözni a genetikai szempontokat.

- Tűz elleni védekezés

Az erdei tüzek két típusa különböztethető meg. Természetes vegetációs tüzek, illetve antropogén vegetációs tüzek. A természetes tüzek kiváltó oka lehet vulkánkitörés, villámlás vagy öngyulladás. A katasztrófavédelmi vizsgálatok bebizonyították, hogy az erdő- és a bozóttüzek 99 százalékát az emberi figyelmetlenség vagy a szándékos gyújtogatás okozza, de számos tűz keletkezik a nem megfelelően elvégzett utómunkálatok miatti visszagyulladás miatt. [9]

Az erdőtüzek elleni integrált védekezés területén a tüzek megelőzése egyike a legfontosabb feladatoknak, amely a leginkább költséghatékony módja a tüzek elleni védekezésnek. Az erdőtüzek elleni védekezés költségei a tűz időbeli fejlődésével exponenciálisan nőnek. A legolcsóbb és legeredményesebb a jól összehangolt és optimálisan megtervezett megelőzési tevékenység.

Minden tüzet azonban a leggondosabban felépített megelőzési tevékenység sem képes megakadályozni. Ebben az esetben a költségek és a károk akkor minimalizálhatók a legeredményesebben, ha a keletkezett tüzet a lehető leghamarabb észlelik, lokalizálják és a megfelelő humán és technikai erőforrások helyszínre juttatásával lehatárolják. Az azonnali eloltás a vegetációs tüzeknél csak a másodlagos cél. Az ilyen tüzeknél a területi lokalizálás és ellenőrzés teremti meg a biztonságos lehetőséget a tűzfészek felszámolásához. Fontos a megelőzésben az erdőtűzvédelmi tervek elkészítése, valamint a megfelelő erdőművelési módszerek alkalmazása.

- Az ellenőrzött tüzekkel a területen található éghető biomassza mennyiségét csökkentjük. Mivel az égetés időpontját úgy választjuk meg, hogy az égési kondíciók „kedvezőtlenebbek” legyenek, a tűz elsősorban a könnyű biomasszában terjed. Emiatt a következő évben az állományból hiányzó „gyújtós” (könnyű biomassza) miatt a tűz keletkezésének valószínűsége minimális.
- A megfelelően kialakított tűzjelző rendszerrel biztosítható a keletkezett tüzek korai felfedezése, koordinátáinak meghatározása. A korai felismerés lehetővé teszi, hogy a kisebb erővel is eredményes védelmet valósítsunk meg. Ebben segítenek a műholdas és kamerás rendszerek is. [10]
- Az erdő- és bozóttüzek oltásához és terjedésének akadályozásához terepaka-dályokat leküzdő gépek és helyben található anyagok szükségesek elsősorban, de legfontosabb és legolcsóbb a következetes elővigyázatosság, a tűzrakási tilalom és más rendszabályok betartása.

- Erdőművelés

A klímaváltozásra való felkészülés egyik kulcsa a meglévő erdőállomány megőrzése, amely a természetközeli erdőművelési beavatkozások széles körű elterjesztésével és így az erdei mikroklíma fenntartásával oldható meg. Bizonyított tény, hogy az idős állomány 30-50%-os megtartása mellett a különféle károk, veszteségek, telepítési és felújítási nehézségek lényegesen kisebbek, sőt nem is tapasztalhatók. Sokat segíthet továbbá a vegyes korú, vegyes állomány. A PRO SILVA elvek követése a természetes szukcessziós folyamatokra épül, kerülve a durva beavatkozásokat, amelyek kis területen zajlanak, kímélve az erdők záródását. Ily módon az ökológiai és ökonómiai kockázatok csökkennek.

A PRO Silva a természetes folyamatokra alapozott erdőgazdálkodást szorgalmazó erdészek 1989-ben, Szlovéniában alapított európai szövetsége. A PRO SILVA négy erdőgazdálkodással kapcsolatos fő álláspontja [11]:

- a felelősségteljes erdőgazdálkodás és erdőhasználat alapelvei,
- a biodiverzitás fenntartása,
- az idegenhonos (exóta) fafajok alkalmazása, és
- az erdő ökológiai szerepe a tájban.

További válaszlehetőség erdészeti technológiák segítségével a klímaváltozásra:

- a nitrogénadagolás aszályos időszakban,
- a csemeték mikorrhiza gombafajokkal való bevonása,
- hazánkban fellelhető rokonfajok felkarolása (Hamvas tölgy, Erdélyi kocsánytalan tölgy, Olasz tölgy, Magyar tölgy),
- a talajvizek védelme,
- a káros emberi beavatkozások megszüntetése,
- telepítésre kiválasztott termőhely adottságainak gondos feltárása,
- megfelelő fafajok megválasztása.

Fontos szerep jut a mezővédő erdősávoknak, amelyek nemcsak a zöldfelületeket növelik, hanem a csapadék megőrzésében, a szelek mérséklésében, a párolgás csökkentésében, a biológiai sokféleség megőrzésében rezervoár területként vagy zöldfolyosókként egyaránt fontos szerepet töltenek be. Sőt, a mezővédő erdősávok a CO₂ lekötés mellett jelentős alternatív energiaforrást is jelentenek. Mindezt gyors ütemű növelésük az alkalmazkodás fontos lehetőségeként messzemenő támogatást érdemel.

A hazai erdők megmaradásában jelenleg a talajvíz fő szerepet játszik. A jövőben a talajvízszint megtartása, pótlása az erdők megmaradásának, felújításának és telepítésének a kulcsa, amelyben a természetes, különösen a tavaszi, nyár eleji csapadék elfolyásának a megakadályozás sokat segíthet. Egy aránylag csekély mértékű melegedés és csapadék csökkenés is olyan károkat okozhat, amelyeket a természetes önszabályozó mechanizmusok, de az emberi beavatkozások sem tudnak kiegyenlíteni.

- Vadgazdálkodás

Napjainkban is komoly károkat okoz a túltartott vadállomány, amely 2-10 szerese az 1971. évinek. A klímaváltozás káros hatásait a vadállomány fokozhatja, de ugyanígy fordítva, a klímaváltozás a vadállományt is kedvezőtlenül érinti. Például szűkül a vízivad fajok élettere, különösen a fészkelőhelyek kerülnek veszélybe. Az ebből eredő bizonytalanság vonuló- és teletölterület váltásra ösztönözheti az eddigi Pannon-régiót választó vonulókat és a teletölket. A sekély vizek nyári felmelegedése tömeges botulizmust, tavi-bénulást okozhat. A szélsőségesen száraz területekről elvándorolnak a mezei vadfajok.

A gyepesítés, az erdősávok létesítése, a mozaikos erdőfoltok, ligetek az apró-vadoknak kedveznek, míg az erdősítés a nagyvadak életterét növeli, de a klímaváltozás, főleg szárazodás miatt csökken az utódok minősége, száma, és így a nagyvadállomány is megsínyli a változásokat. Célszerű felkészülni az itatásra és etetésre a mezőgazdasági és erdőgazdasági területeken a károkozás emelkedésének a megelőzésére. [5]

5.3 A belvizekkel és az árvizekkel szembeni védekezés

A víz, mint természeti erőforrás szorosan kapcsolódik az éghajlathoz, az időjárás változékonyságához, ezért adott helyen egyszer a víz bősége, másszor annak hiánya jelent gondot. Az éghajlatváltozás a vízgazdálkodás feladatait is megnehezíti. Az időjárás változékonyságából adódóan, szárazabb években az öntözés, csapadékosabb években a káros víz elvezetésének feladataival szükséges megbirkózni.

Hangsúlyozottabbá válik a vízigények szabályozásának, a vizek tárolásának a fontossága, a hazánkba érkező vizek helyben tartása. A tározással megőrizhető, sőt növelhető az adott térség ökológiai potenciálja, eltartóképessége. A fenntarthatósági kritériumoknak megfelelő megoldásokkal a természet károsodása elkerülhető. Célszerű számítani és felkészülni a szélsőségek gyakoribb megjelenésére, ami szükségessé teszi az eddigi eljárások és megoldások kritikai újraértékelését.

A gyakori heves esővel sújtott területeken veszélyterveket, segélyprogramokat, vagy még inkább olyan stratégiai terveket kell kidolgozni, amely az egyes területek együttműködését serkenténék a fenti változások függvényében.

Az árvízvédelemben a gátak, valamint a levonuló víz magassága közötti versenyfutás nem lehet egyedüli megoldás, hanem a

- nagyvízi lefolyás gyorsítása,
- a nyári gátak részbeni-egészbeni elbontása,
- a területek mezőgazdasági-erdőgazdasági hasznosításának a megváltoztatása,
- víztározók létesítése,
- a nagyvizek „kiengedése” és a határokon kívüli vízgyűjtő területekkel való nemzetközi kapcsolatok erősítése, valamint
- a gátak gondozása és megerősítése.

jelenti az együttes megoldást.

A mély fekvésű területek belvíz miatti veszélyeztettsége jelentős. Nem alkalmaznak altalajlazítókat, amely az aszály és a belvíz elleni küzdelem hatásos eszköze. E mellett rontott a helyzeten az is, hogy a birtokhatárok változása következtében a régi árkokat betemették, újakat azonban a legtöbb helyen nem hoztak létre és a településeken nem gondoskodtak a vízvezető árkok karbantartásáról.



26. ábra: Vízelvezető árkok létesítése a belvizes területeken [12]

Magyarországon az aszályos és a belvizes évek gyakorisága, nagysága és kárkövetkezménye eltérő. A nagy kiterjedésű aszályos területek jövőbeni valószínűsége nagyobb, szemben a lokális, vagy kisebb területeket érintő bel- vagy árvizekkel. Emellett fel kell készülni fagykárookra, jégverésre, helyi özönvizekre, zivatarokra és, katasztrófákra, pontosabban azok lehetséges megelőzésére, a károk csökkentésére, helyreállításra, a jogszabályi háttér és a kártérítés lehetőségeinek megteremtésére.

Az öntözésben megfontolandó az ún. „kettős rendeltetésű” vízrendszerek kialakítása és működtetése. Sajátos magyar helyzet, hogy a belvízzel leginkább veszélyeztetett területek nagy része az ország legaszályosabb zónáiban található. Következésképpen a belvízelvezetést és az öntözővíz szállítást – ahol ez lehetséges – egy rendszerben célszerű megoldani, amely a sík, esés nélküli területeken is eredményesen alkalmazható. Az öntözési technológiák víztakarékos és költségkímélő továbbfejlesztése a megelőzés és a védekezés fontos részét képezi.

A vízforrásokat megfelelően kell kezelni. Az erre szolgáló hosszú távú vízkészlet kezelési stratégiák a következők:

- szabályozók és technológiák létrehozása a föld- és a vízhasználat közvetlen ellenőrzésére,
- ösztönzők és adók bevezetése a szokások közvetett befolyásolására,
- új víztározók és csővezetékek építése a készletek növelése érdekében,
- a vízkezelési eljárásoknak és a kapcsolódó intézmények hatékonyságának a javítása.

5.4 Az emberi élet és a városi klíma védelme

- Emberi élet védelme

A hőmérséklet emelkedés következtében bővíteni szükséges a légkondicionált helyiségek számát a kórházakban, a szociális otthonokban, valamint a nagy figyelmet és összpontosítást igénylő munkahelyeken dolgozó személyeknél. Másrészt viszont elemzést igényel a

„túlkondicionált” épületek és helyiségek helyzete, mert megfelelő munkaszervezéssel, tájolási és természetes szellőztetési lehetőségekkel jelentős energiatakarékosság érhető el. Az új épületek tervezésénél mérlegelni szükséges a „racionális légkondicionálás” elvének a megvalósítását. A városfejlesztési koncepciók kialakításánál indokolt figyelembe venni a „városi hősziget” hatás mérséklését is.

Fejleszteni szükséges az orvos-meteorológiai előrejelzéseket és a felvilágosító munkát, amibe egészségügyi szakember bevonása indokolt. Nagy odafigyelést igényel a hőségriadó elrendelése. A klímaváltozás egészségre gyakorolt káros hatásainak megelőzésére, kivédésére, a hatások csökkentésére a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia részeként egy „Klíma-egészségügyi Prevenációs Stratégiát” célszerű meghirdetni. Ez felölelné

- a klíma-egészségügyi hálózat létesítésének a feladatait, annak lépéseit,
- a lehetséges megbetegedések jellemzőinek és azok megelőzési lehetőségeinek a feltárását,
- a megelőzés előtérbe állítását a mentés, a betegellátás és a rehabilitáció mellett,
- gyakorlatiasan a mindennapi feladatokat. [5]

Az egészségügyi kockázatok a különböző alkalmazkodási stratégiákon keresztül mérsékelhetők. Ezek a következők:

- javuló orvosi ellátó rendszerek (különösen fertőző betegségek esetén),
- egészségellenőrző és közegészségügyi programok,
- a környezetvédelmi katasztrófa elhárítás felkészültsége,
- a javuló vízvédelem és szennyezés megfigyelés szabályozása,
- a megfelelő személyes viselkedést elősegítő közoktatás,
- a szakmai és kutatói képzés, valamint
- a védekezési technológiák támogatása, mint pl. a lakáskörülmények javítása, a légkondicionálás és a víztisztítás fejlesztése.

- Építészet

A Föld népességének mintegy fele már városokban élt az ezredfordulón. Az arány azóta is növekszik. Az amerikai és az európai lakosság 75%-a városlakó, Magyarországon 65%. A városi települések jelenlegi szerkezetét nagyon nehezen lehet megváltoztatni. A klímaváltozás hatásaira gondolva most alakulnak azok az épülettechnológiai eljárások, amelyek megfelelnek a várható új kihívásoknak, pl. az árnyékolás, a nagyobb természetes szellőzési lehetőségek, a fokozott hőszigetelés stb.

Szükségesnek látszik egyes építészeti szabványok felülvizsgálata az időjárási anomáliák növekedése, illetve a felmelegedési folyamat kibontakozása miatt. Télen a síkos járdák sok baleset forrásai, ezért indokolt, hogy a közterület-fenntartók az eddigiéknél is fokozottabb

figyelmet fordítsanak a lépcsők, az emelkedők és a tömegközlekedési megállóhelyek gyors tisztítására. Nagyobb önkormányzati szigor szükséges a lakóépületek előtti járdák téli rendben tartásának megkövetelésére. A városokban és falvakban a belterületi vízgazdálkodási feladat keretében fejleszteni kell a csatornahálózatot, gondolva az özönvízszerű esőzésekre és a sáros csapadék elvezetésére.

A felmelegedő épületek nehezítik az élhetőséget, az emberek és az állatok pihenését. Ezen túl károsodnak a tárolt termények, termékek és élelmiszerek, valamint más anyagok, sőt a meleg épület kisugárzó hatása mérsékli az éjszakai lehűlést stb. Ezért mind a lakó, mind az istálló és egyéb épületekben megnő a tájolás, árnyékolás, az önszellőztető megoldások és a hagyományos szigetelőanyagok ismételt felkarolásának jelentősége. A klímaberendezések ugyanis sem a lakóépületeknél, sem az istállóknál nem jelentenek tartós megoldást a berendezések hatalmas energiaigénye miatt.

A lakó és gazdasági épületekben, a tartószerkezetekben magasabb szilárdságú anyagok felhasználása szükséges, az épülethatároló szerkezetekben pedig megnő a hőszigetelés szerepe. Ajánlatos számolni a talajok, elsősorban az agyagtartalmú talajok csapadékkiszáradás következtében előálló mozgásának rongáló hatásával. Továbbá figyelembe kell venni az eseti viharokat, a szélnyomást, a szél szívó hatását és az örvény-leválást. Általános szabályként szükséges mérlegelni a klímaváltozás anyagfáradásra gyakorolt hatását, valamint azt, hogy az épületek hamarabb tönkremehetnek.

Nagyon fontos az építészetben a megújuló energiaforrások hasznosítása. Az épületgépészeti energetikában a megújuló energiaforrások kutatása és alkalmazása az egyik legfőbb felhasználási terület.

Felhasznált irodalom

[1] Klímaváltozás.

<http://www2.sci.u-szeged.hu/eghajlattan/fofia10.pdf>

[2] Fenntartható öntözés. Wikipedia. A szabad enciklopédia.

http://hu.wikipedia.org/wiki/Fenntarthat%C3%B3_%C3%B6nt%C3%B6z%C3%A9s

[3] Civil Engineer Forum (CEF). Drip Irrigation-Advantages and Disadvantages of Drip Irrigation

<http://civilengineersforum.com/drip-irrigation-advantages-disadvantages/>

[4] Agronaplo (2004): A víztakarékos talajművelés lehetőségei.

<http://agrinet.gportal.hu/gindex.php?pg=554201&nid=121408>

[5] Schmidt J. (2011): Földműveléstan. DE, NYME, PE Egyetemi jegyzet. Digitális Tankönyvtár.

http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0010_1A_Book_05_Foldmuveles/ch12s06.html

[6] National Geographic. Civilizáció. Klímavédelem az istállóban.

http://www.ng.hu/Civilizacio/2007/11/Klimavedelem_az_istalloban?action=print&back=%2FCivilizacio%2F2007%2F11%2FKlimavedelem_az_istalloban

[7] Bálint T. J. (2011): Biogázzal kiváltható a földgáz egy része. Agrárágazat.

<http://www.pointernet.pds.hu/ujsagok/agraragazat/11/20111130100026820000004900.html>

[8] Szép T. (2010): A klímaváltozás erdészeti ökonómiai vonatkozásai. Nyugat-magyarországi Egyetem. Doktori (PhD) értekezés. Sopron.

[9] Fővárosi Katasztrófavédelmi Igazgatóság. Erdő- és szabadtéri tüzek megelőzése érdekében.

<http://fovaros.katasztrofavedelem.hu/erdok-tuzvedelme>

[10] Nagy D. (2008): Erdőtüzek megelőzési és oltástechnológiai lehetőségeinek vizsgálata. Nyugat-magyarországi Egyetem. Doktori (PhD) értekezés. Sopron.

[11] Besze P. és mtsai. (szerk.) (1999): Pro Silva.

<http://ramet.elte.hu/~ramet/oktatas/Erdo/ProSilvaAlapelvek.pdf>

[12] Dél-Békés megyei Vízgazdálkodási Társulat

<http://www.dvgt.hu/index.php?dynpage=5&picid=80>

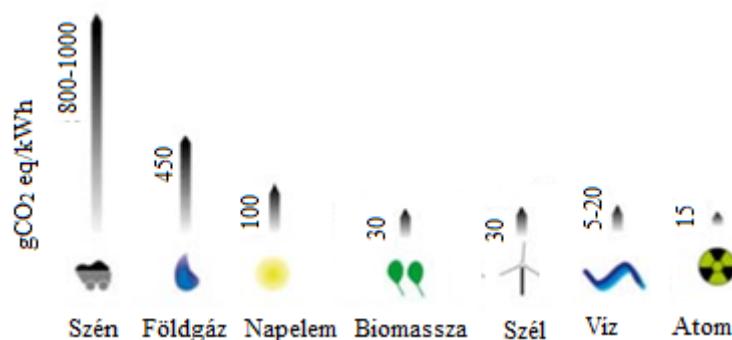
6. Az energiatermelés átalakítása

6.1 Az energiatermelés- és felhasználás jelenlegi helyzete

6.1.1 Nemzetközi helyzet

1971 óta a világ energiafogyasztása majdnem 70 százalékkal nőtt. [1] A növekedés üteme várhatóan 58% lesz 2001-2025 között és akár ötszörösére nőhet 2100-ra a World Renewable Energy Congress becslései szerint. Jelenleg a világ energiafogyasztásának 85%-a származik a fosszilis források elégetéséből, az olajból, a szénből és a földgázból. [2] Egyes prognózisok szerint a fosszilis energiahordozók jelenlegi hasznosítási arányával 2020-ra a globális hőmérséklet 2°C-kal nő. Ez a napjainkban is már érzékelhető környezeti katasztrófák sorozatával fenyeget.

Az egyre növekvő energiafelhasználás során nem csak az energia előállításának problémájával kell foglalkozni, hanem törekedni kell az olyan energiaforrások hasznosítására, amelyek mind környezetvédelmi mind társadalmi szempontból előnyösek. A különféle energiarendszerek szénlábnyoma (egységnyi megtermelt energiára jutó üvegházhatású gáz kibocsátása) egymástól lényegesen különböző mértékű (27. ábra).



27. ábra: Energiarendszerek szénlábnyoma [3]

Minden szempontból az az energiamennyiség a legkevésbé terhelő és szennyező a környezetre, amely fel sem lett használva. Emiatt a jövőben nagyon fontos az energiahatékonyság javítása és a minél kisebb energiaszükségletű technológiák kidolgozása. Nagy probléma, hogy a fejlett országok a világ energiafogyasztásának és CO₂ kibocsátásának több mint feléért felelősek, míg a népességük csak a világ népességének 18%-át teszi ki. Egyes fejlődő országok energiafogyasztása jelenleg még jelentősen elmarad ettől, de valószínűsíthető, hogy a közeljövőben a gyors technikai fejlődés miatt az energiafogyasztásbeli különbségek csökkenni fognak. Az energiaigény szempontjából leggyorsabban növekvő két ország Kína és India lehet.

A fent leírt rohamos fejlődés számos vélemény szerint a fosszilis tüzelőanyagok készleteinek fokozatos csökkenéséhez vezethet majd. A Worldometers statisztikája szerint a világ olajkészletei 41 évig, a gázkészletek 166 évig, míg a szénkészletek 415 évig tartanak még ki a jelenlegi felhasználási tendencia alapján. A készletekhez való hozzáférés minden bizonnyal egyre nehezebb, költségesebb lesz majd. Az ENSZ megbízásából készült tanulmány szerint viszont 2000-ig a világ szénkészletének mindössze 2%-át használták el, és még hosszú ideig fedezhető az energiaszükséglet a rendelkezésre álló szénvagyonból. [4] De ez a tendencia az nyersanyagok árától függően változhat. Emellett az energiafogyasztás a legfejlettebb országokban már erősen meghaladta a saját termelést. Ez a tartalékok rendelkezésre állásának idejét erősen rövidíthetik.

12. táblázat: Fosszilis energiahordozók becsült rendelkezésre állása [5]

	2010 [év]	2012 [év]
Szén	118	109
Kőolaj	59	59
Földgáz	53	46

A felmérések közötti óriási különbségek abból erednek, hogy a folyamatosan fejlődő technológiáknak köszönhetően egyre nagyobb mélységekből képesek a fosszilis energiahordozókat kibányászni, továbbá a készleteket felkutatni. Nemrégiben Kína északnyugati területein olyan szénkészleteket tártak fel, amelyek Kína széntermelésének fenntartását akár 5-10 évvel is kitolhatják. Kínai olajkutatók emellett a Dél-Kínai tenger Kínához közel eső partvidékén "szupervastag" olaj és földgázrétegeket találtak. Komoly készleteket találtak több észak, északkelet kínai és tibeti régióban is. Ennek ellenére Kína nagy része korszerű nyersanyagkutatói eszközökkel még mindig nincs átkutatva, így a jövőben még további hatalmas készletekre bukkanhatnak.

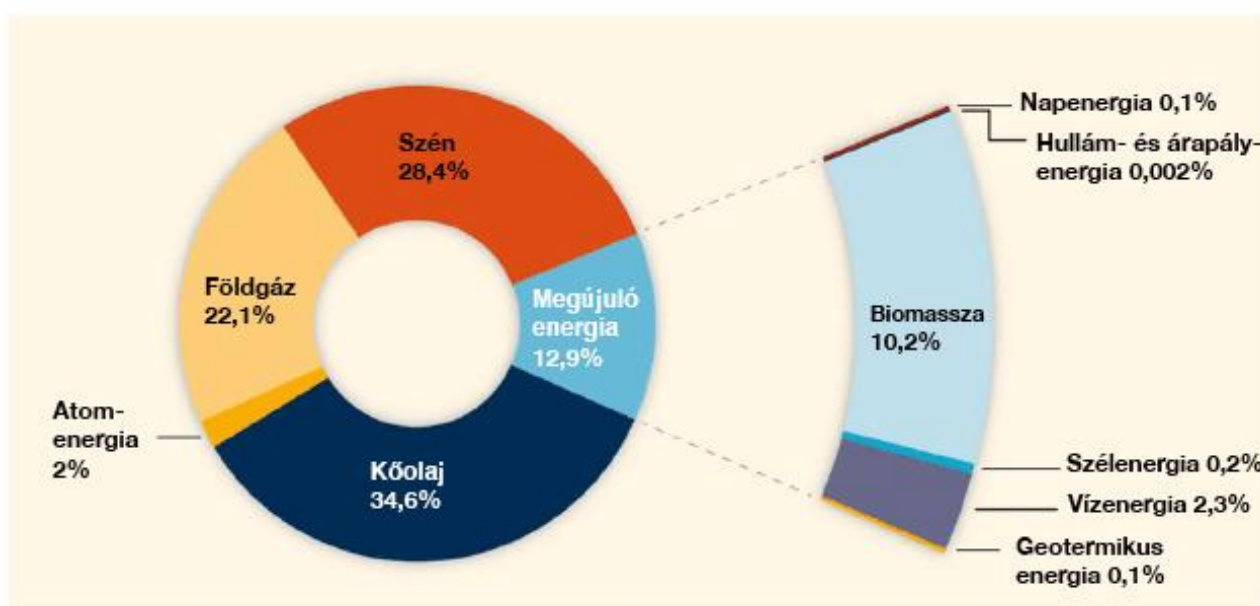
13. táblázat: 1980 és 2012 között változó fosszilis erőforrás tartalékok [5]

Világ	1980	1990	2000	2005	2010	2012
Összes feltárt szénkészlet, [milliárd t]						861
Feltárt földgáz készlet, [billió m ³]	72	110	140	157	177	187
Feltárt olajkészlet, [milliárd]	683	1028	1258	1352	1617	1660

hordó]						
--------	--	--	--	--	--	--

Az egyik legjelentősebb problémát a fosszilis készletek rendelkezésre állásával az jelenti, hogy a fosszilis energiaforrások koncentráltan helyezkednek el. Többségében Oroszország, USA és Kína uralja a piacot. Ezáltal a többi ország kiszolgáltatott helyzetben van, jelentős az importfüggőségük. Erre jelenthet megoldást a megújuló energiaforrások, használata, hiszen például a napenergia szinte a világ minden területén hasznosítható mennyiségben áll rendelkezésre.

Ennek ellenére a megújuló energiaforrások felhasználása csak lassan terjed. A világ energiafelhasználásának megoszlása 2008-ban a 28. ábrán látható. A megújuló energiaforrások hasznosítása kb. 13%-át, míg a biomassza mintegy 10%-át teszi ki a teljes primerenergia felhasználásnak.



28. ábra: Az egyes energiaforrások aránya a világ primer energia-ellátásában 2008-ban [6]

A legfontosabb energiahordozó ma a kőolaj. Ennek ára az elmúlt 35 év folyamán különböző mértékben emelkedett. Kb. 2000-ig az emelkedés nem volt jelentős, különösen, ha az infláció mértékét is figyelembe vesszük. 2000 óta azonban a kőolaj fokozott árnövekedésének vagyunk a tanúi, amely jelenség a jövőben az előrejelzések szerint fokozódni fog. Ez a tendencia két szempontból is jelentős:

- az energiaárak növekedése a készletek csökkenésekor a szegényebb rétegek fokozódó beszerzési gondjaihoz vezethet, például az új EU tagországokban,
- a kőolaj és annak termékei árszintjének az emelkedése az alternatív technológiák erőteljesebb fejlesztéséhez vezethet.

Az első tényező a szociális feszültségek forrása, nyugtalanság okozója lehet és szélső esetben a terrorizmus veszélyének a növekedéséhez vezethet.

A második tényező a környezetet kímélő, megújuló technológiák, így a szél-, a nap-, a víz-, a föld- és a bioenergia egyre szélesebb körű és mértékű használatát eredményezheti és a még kihasználatlan fosszilis eljárások (például: Btl-Biogás to Liquid, Ctl-Coal to Liquid) fejlődésének a forrásává válhat.

Az első tényező pozitív, a második negatív hatással lesz a globális melegedés folyamatára. A kettő ötvözete tűnik jelenleg a legreálisabb iránynak.

6.1.2 Hazai helyzet

Az elmúlt években a hazai mélybányászati széntermelés leépült és az energiafelhasználás szerkezete a növekvő földgázfelhasználás irányába változott. A fosszilis energiahordozók nettó importja a közel változatlan energiafelhasználás mellett is jelentősen növekedett 1990 és 2005 között. Emellett a Magyar Bányászati Szövetség kimutatása szerint az ágazat 1990-ben még 81,5 ezer főt foglalkoztatott, míg 2005-ben ennek alig egynegyedét. Minden bányászati munkahelyhez három-négy további alkalmazás is kötődött, így a bányászat felszámolása csaknem kétszáz ezer állás megszűnését jelentette. [7]

Magas fosszilis energia igényünk kb. 70%-ban importból származik. Földgázimport igényünket 80 százalékban Oroszországból fedezzük, legnagyobb részben a Testvériség gázvezetékén keresztül, amely ellátásbiztonsági szempontból kiszolgáltatott helyzetet jelent. Ebből a kockázatból eredő nehézségek az elmúlt 5 év során több alkalommal is mutatkoztak. A megújuló energiahordozók segítségével csökkenthetjük az ország importfüggőség miatti kiszolgáltatott helyzetét.

A magyarországi megújuló energiafelhasználás részaránya jelenleg 7,3%-ot tesz ki a teljes energiafelhasználáshoz viszonyítva. A hatékonyság maximalizálása érdekében az ország adottságainak a figyelembevételével kell megválasztani a hasznosítani kívánt megújuló energiaforrás típusát. Magyarország földrajzi adottságainak a biogén forrású energiatermelés felel meg leginkább, hiszen az ország területének több mint 20%-át erdők borítják, illetve 63%-on található mezőgazdasági területek. Emellett nagyon jó adottságokkal rendelkezünk a geotermikus energia hasznosíthatósága terén, illetve hosszú távon még a napenergia rendelkezik a legnagyobb potenciállal.

Magyarországon a villamosenergia hazai termeléséből az atomenergia jelenleg 43%-ot tesz ki, emellett jelentős hányaddal szerepel a tűzifa vagy a tűzifa és a szén együttes égetésével előállított áram, melyet a rossz hatásfokú széntüzelésre tervezett és arról biomassza tüzelésre átalakított erőművekben állítanak elő.

Az 50 MW-ot meghaladó erőművek által termelt villamos energia 95%-át kondenzációs erőművek termelik, míg a fennmaradó 5%-ot a kapcsolatlan termelő erőművek adják. A megújuló energia alapú 50 MW-ot meghaladó teljesítményű erőművek energiahordozó alapanyagát teljes mértékben a növényi biomassza teszi ki a Magyar Energetikai Hivatal statisztikai adatai szerint.

A hőenergia hasznosítás szempontjából fontos megjegyezni, hogy jelenleg az ország lakásállományának 17 százaléka kapcsolódik távhőszolgáltató rendszerhez, amelynek döntő többsége ipari technológiával épült. Egyéni fűtés esetén a hőellátásban azonban a megújuló energia részarányát nehéz pontosan meghatározni, a tűzifa egyéni, nem nyomon követhető beszerzése miatt. A geotermikus energiával fűtött lakások száma a NES adatai alapján 6 000-re tehető.

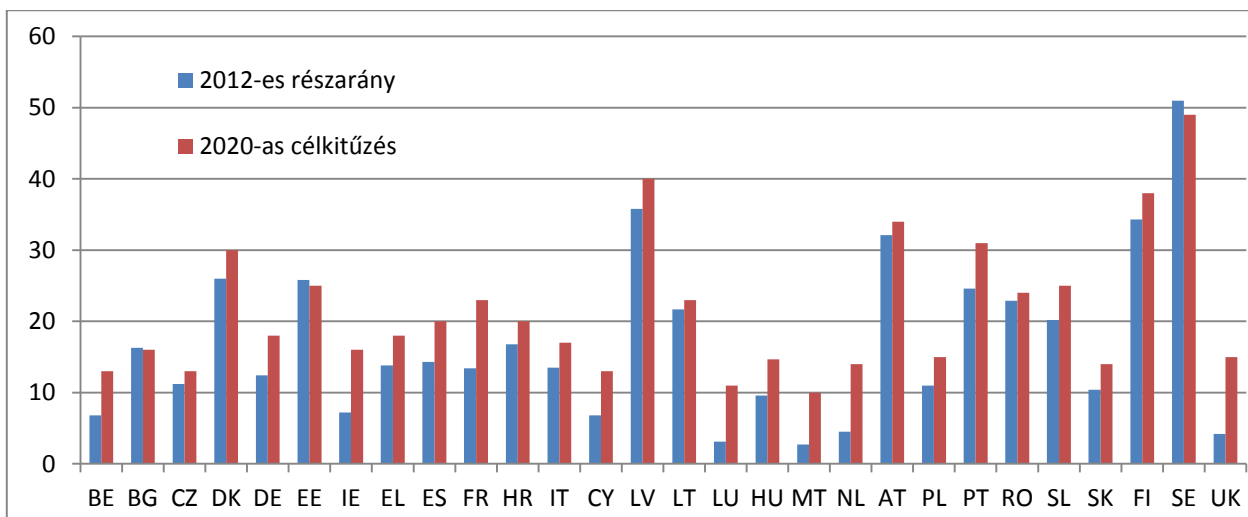
A közlekedés jelenleg a hazai CO₂-kibocsátás kb. 20%-áért felel, és az energiaigénye folyamatosan nő. 2010 decemberétől kötelező az üzemanyag-forgalmazóknak a forgalmazott mennyiség 6 százalékában bioüzemanyagot árulni. A bioüzemanyagok előállításához termelt energianövényeket fenntartható módon kell termesztetni. A még csak kis mértékben elterjedt E85 (etanol alapú) üzemanyag a teljes üzemanyag felhasználásnak mindössze 0,25%-át tette ki 2009-ben, amelyet hazai termelésből fedezünk. A szükséges etanolt kukoricából állítjuk elő, első generációs technológiával.

6.2 Az energiatermelés statisztikája. Várható trendek 2100-ig

Egyes meghatározó országok megújuló energia helyzete és célkitűzéseik a közeljövőre:

- Az USA Szenátusa a klímaváltozás megállítását célzó programokra és az olajfüggőség csökkentésére támogatást biztosít, a cél, hogy a megújuló energiaforrások részesedése 2010-2012-re 10-15%, 2025-re pedig 25% legyen.
- Kína jelentősen növekvő energiaigényű ország, a világ második legnagyobb energiafelhasználója. Kormányzata 2006-ban megújuló energetikai törvényt hagyott jóvá, hangsúlyozva a megújuló energiaforrások növekvő mértékű felhasználását. Kína 2020-ra az eddigi 10 százalék helyett 15 százalék megújuló energia részarányt céloz meg, az áramtermelésen belül 30 százalék a terv. [8]
- Brazília hatékony energiapolitikájának eredményeként a megújuló energiák felhasználásában élenjáró ország. Teljes energiafelhasználásának 46,4%-át megújuló energiaforrásokból fedezte már 2007-ben.
- India 2020-ra energiafogyasztásának 15%-át akarja megújuló forrásokból nyerni. Jelenleg még csak 6%-nál tart.

Szűkebb környezetünkben az EU-s célkitűzések a meghatározóak 2020-ig. A 2012-ben elért megújuló energia hasznosítási részarány és a 2020-as célkitűzés az EU-ban az Eurostat adatai alapján a 29. ábrán látható.



29. ábra: A megújuló energia részaránya a teljes bruttó energiafogyasztásban [%] [9]

Az EU-ban a megújuló energia részaránya 2010-ben 12,4% volt a teljes energia-felhasználáshoz viszonyítva. Ez az érték a teljes elektromos energia felhasználásban 19,8%-ot ért el 2010-ben. Mindkettő esetében kb. 1%-os növekedés történt az előző évhez képest.

Magyarország, mint a diagramról leolvasható az EU-s országok között az utolsó harmadban található. A különbség részben a környező országok kedvezőbb vízenergia hasznosíthatósági potenciáljával és erdőszülségi mutatóival, másrészt a hazainál hatékonyabb ösztönző rendszerrel magyarázható.

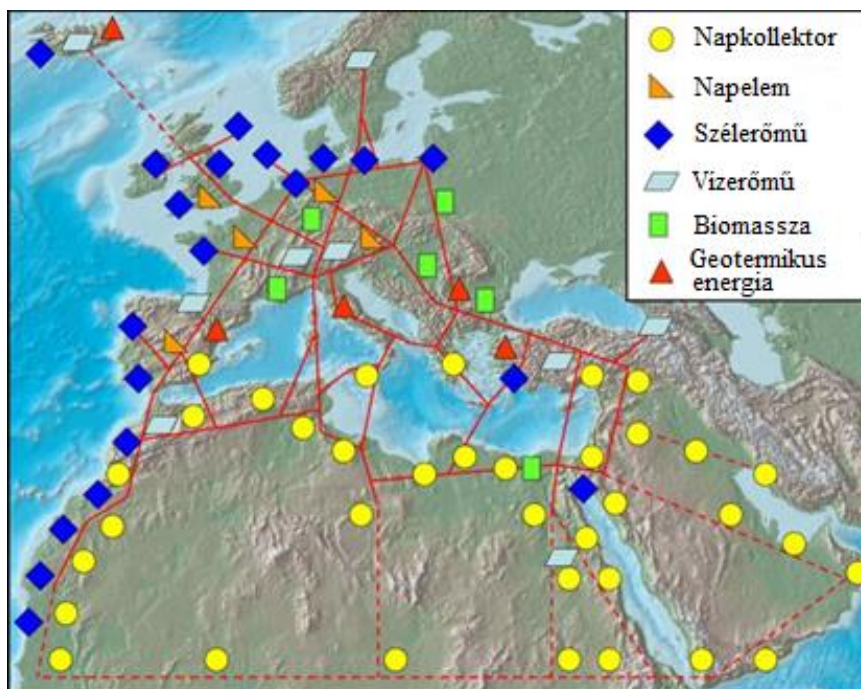
A távoli jövőre vonatkozóan is vannak prognózisok a világ megújuló energiafelhasználását tekintve. A várakozások szerint 2070-re a világban az energia 60%-a származik majd megújuló energiaforrásokból. Minél hamarabb tudatosul ennek fontossága, annál nagyobb a lehetősége annak, hogy ez az érték akár 80%-ra növekedjék. Ezen célszámok kielégítése érdekében egyre több új elmélet születik. Ilyen pl. a Jacobson és Delucchi amerikai kutatók által kidolgozott rendszer az egész Föld energiaellátására, amely nagyrészt villamos energiával történne.

Ennek előállítását 90%-ban a nap- és a szél energia biztosítaná. A geotermikus és a vízenergia, mintegy 4 százalékkal járulna hozzá a tervükhöz, 25%-ot pedig a tenger hullámzásából és az árapályból nyert energia biztosítaná. A gépjárművek, a hajók és a vonatok szintén elektromos energiával és üzemanyag cellával üzemelnének, míg a repülők folyékony hidrogénnel. Az épületeket elektromos energiával lehetne hűteni és fűteni, a háztartások által használt melegvíz előállítása szintén napenergiával történne. A kutatók szerint a 2030-ig terjedő időszakban minden új energiatermelő létesítményt ezen elvek alapján lehetne létrehozni, s 2050-ig a teljes már jelenleg üzemelő rendszer átalakítható az új elvek alapján. Az elképzelések megvalósulása esetén jelentősen csökkenne a teljes energia felhasználás mennyisége is, hiszen a rossz hatásfokkal működő tüzelőberendezések kiváltásra kerülnének, ezzel alacsonyabb lenne az üvegház hatású gázok kibocsátása. [10]

Fontos teendő a jövőre nézve az elektromos hálózat fejlesztése is. Az elektromos átviteli hálózat célja nagy mennyiségű elektromos energia szállítása a fogyasztókhoz. Az átviteli hálózat vezetéke tipikusan egy erőmű és egy lakott település mellett lévő alállomás között fut. Az elosztó hálózat pedig az alállomás és a fogyasztó közötti energiaszállításért felelős.

Az elektromosságot sokszor nagy távolságokra szállítják, föld feletti, magasan elhelyezett vezetékeken. Földalatti vezetékeket csak sűrűn lakott területeken alkalmaznak. Áramszállítás a tenger alatt is megvalósítható melyre példák is vannak:

- A BritNed Nagy-Britannia és Hollandia között 260 kilométer hosszan fut az Északi-tenger alatt. Ez egy 23 ezer tonnányi magasfeszültségű egyenáramú vezeték.
- DESERTEC projekt (30. ábra): fő célkitűzése, hogy a napsütéses észak-afrikai régióból termeljenek áramot a mediterrán térség számára. A távlati cél, hogy ily módon az európai kontinens elektromos áramellátásának 15%-át biztosítsák 2050-re.



30. ábra: Desertec-projekt infrastrukturális terve [11]

6.3 Hagyományos energiatermelés és klímavédelem

Az energiaforrások lehetnek primer és szekunder energiahordozók. A primer energiahordozók a természetben található energiaforrások. Legtöbbször valamilyen anyag az energiahordozó eredete. Fajtái a következők:

- fosszilis jellegű energiahordozók,
- atomenergiával kapcsolatos energiahordozók,

- megújuló energiaforrások.

A szekunder energiahordozókat a primer energiahordozók átalakítása utáni állapotukban használjuk. Három fő csoportba sorolhatók:

- A tüzelőanyagok esetében azokat nemesítve, már feldolgozott állapotukban, magasabb használati értéken hasznosítják, pl. a szénből kokszot, brikettet, az uránércből dúsított fűtőanyagot, az olajból benzint, gázolajat, stb. állítanak elő.
- A hőenergiát hőerőműben, reaktorban, kazánban termelt gőz vagy forró víz energiahordozó közvetíti.
- A legjobban és legtöbb célra alkalmas energiahordozó a villamos energia, amely könnyen szállítható és gazdaságosan használható fel.

A fosszilis energiahordozók évmilliók során növényi és állati maradványok levegőtől elzárt bomlása során keletkeztek. Nagy energiasűrűségük, főként szén és hidrogén tartalmú vegyületek, anyagok.

A fosszilis energiahordozók halmazállapota lehet:

- szilárd (szén, lignit),
- folyékony (kőolaj),
- gáznemű (földgáz).

források.

A fosszilis energiahordozókkal összefüggő levegőszennyezés egyrészt magából a bányászatból, így az aknanyílásból, a hányókból, a szállító rendszerekből, a felszíni fejtésekből, másrészt a szénerőművekből származik.

6.3.1 A fosszilis energiahordozók jellemzői

- Szén

A szén a Föld fosszilis energiahordozói közül a legjelentősebb, a feltárt készletek 75%-át képezi.

Szénfélések:

- Feketeszén: 20-33 MJ/kg közötti fűtőértékkel rendelkezik, magyarországi készlete: $0,6 \times 10^9$ t, (Pécs, Komló).
- Barnaszén: magasabb hamutartalom jellemzi, csak a 40% alatti nedvességtartalmú szenet soroljuk a barnaszenek közé. 15-20 MJ/kg közötti fűtőértékű, magyarországi készlete 1×10^9 t (Veszprém, Ajka, Tatabánya, Dorog, Lyukó).

- Lignit: A lignit 40% feletti nedvességtartalmú és erősen fás szerkezetű. 3,5-10 MJ/kg közötti fűtőérték jellemzi, magyarországi készlete 3×10^9 t. Kiaknázása csak akkor jöhet szóba, ha vékony talajréteg fedi, és így külszíni fejtéssel gazdaságosan kitermelhető (Visonta, Bükkábrány).

Világviszonylatban a feketeszén és a barnaszén aránya kb. 4:1. Hazánkban ez éppen fordítva van. Szeneink általában magas hamu és kén tartalmúak. Nagyrészt csak erőművekben történő elégetésre alkalmasak.

- Kőolaj

A kőolaj igen sokféle szénhidrogénláncot tartalmazó sűrű anyag. A desztilláció során 300°C -ra melegítik a nyersolajat, majd az ebből távozó anyagokat kondenzálva különböző termékeket kapunk, mint pl. könnyűbenzint, nehézbenzint, petróleumot, gázolajat és a visszamaradó pakurát. A desztillátumokat általában motorok hajtására használjuk fel, de a finomítás folyamán keletkező bitumen és egyéb vegyipari alapanyagok is jól hasznosíthatók. A leggyakrabban használt fűtőolaj fűtőértéke 40-43 MJ/kg, a gázolajé és a benziné 43 MJ/kg.

A hazai olajtermelés a hazai felhasználás mindössze 10-15%-át képes fedezni, így jelentős a kőolajimport, amelyet főként a kiépített kőolajvezetékeken bonyolítunk.

- Földgáz

A földgáz nagyrészt metánból (CH_4) álló gáz, néhány százalék CO_2 tartalommal, fűtőértéke kb. 30-34 MJ/m³ (összetételtől függően). A hazai gázmezők többsége természetes energiával rendelkezik, azaz a gáz magától feltör. Az ilyen gázmezők hozama általában alacsonyabb, mint a széndioxid-besajtolásos technológiával művelt mezők hozama.

A kitermelt gáz minimális kezelést igényel, melynek költsége nem jelentős. A gázfelhasználás folyamatosságának biztosítása érdekében azonban szükséges jelentősebb mennyiséget tárolni. A hazai földgáztermelés (Algyő, Szank) kb. 35%-a a hazai felhasználásnak, így földgázból is jelentős az importunk: A földgáz kereskedelem szintén vezetéken történik. A napi magyarországi földgáztermelés ma 9 millió m³.

Nagy mennyiségű magas szén-dioxid tartalmú földgáz készletünk is van. A nagy inert gáz tartalmú földgáz kitermelése, szállítása és szolgáltatásra történő előkészítése csak nagy tőkeigényű, drága eljárásokkal biztosítható. Ezeknek a gázkészleteknek a hasznosítása még várat magára.

6.3.2 A fosszilis energiahordozók bányászata, szállítása

- Szén

A bányászat környezeti hatásai [10]:

- közvetlenek: talajsüllyedés, a természetes táj és a vízháztartás, valamint az ún. növényi szukcesszió megváltozása,
- közvetettek: fokozott erózió, élővíz- és levegőszennyezés, valamint a településszerkezet és a mikroklíma megváltozása.

A bányászat alapvetően kétféle módon termeli ki a haszonanyagot:

- külszíni fejtéssel, ha az ásványkincs a felszínen vagy a felszín közelében (néhány 10 méter mélyen) van,
- mélyműveléssel, ha a kitermelés a földfelszín alatt történik.

Általában a külfejtés is tartalmaz egy olyan réteget, amely befedi a kibányászandó nyersanyagot és nem tartalmaz az ipar számára hasznos anyagot. A világszerte általános bányászati gyakorlat szerint a letermelt talajt a létesítendő munkagödör mellett halmozzák fel, amelyre a terméketlen kőzeteket hordják rá és így kialakul a meddőhányó, lásd a 31. ábrát.





31. ábra: Egy külszíni bánya életútja [12]

A bányászat helyén megsemmisülő növények kiesnek az elemek körforgásából, elmarad a levegő CO_2 -jének megkötése, nem töltik be talajvédő és levegőtisztító funkciójukat, vagyis megszűnnek a kedvező környezetvédelmi hatások. Helyettük a fellazított és nagy területen kopár üledékek könnyen esnek áldozatul a víz vagy a szél által okozott erózióknak. A külszíni bányák megváltoztatják a víz lefolyási viszonyait és nagy hatással lehetnek a felszíni vízfolyásokra és a talajvízre.

Hasonló hatásokat váltanak ki a környezetben a mélyművelésű bányák, lásd 32. ábra. Annak ellenére, hogy ebben az esetben a haszonanyaghoz viszonylag keskeny járatokon jutnak el, ezek összes hosszúsága olyan nagy, hogy a létesítésük során óriási tömegű meddő kőzetet hoznak a felszínre.



32. ábra: Modern mélyművelésű feketeszén bánya [13]

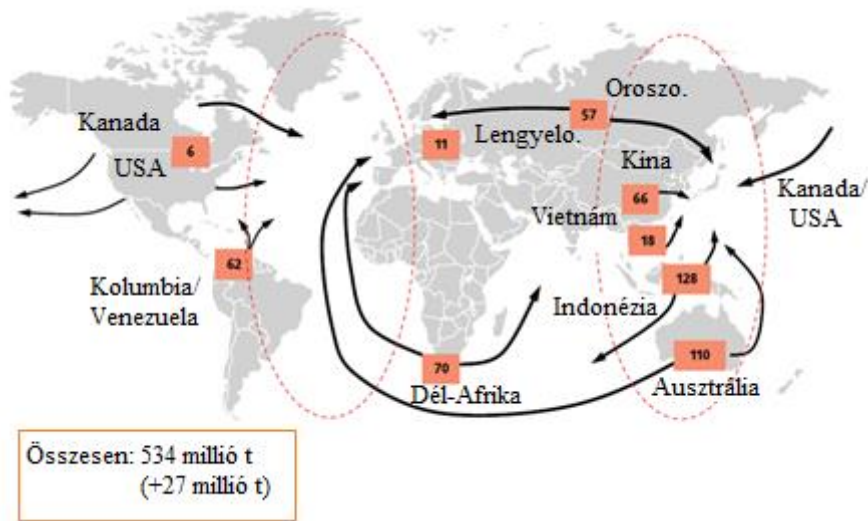
Nagyon lényeges a rekultiváció, amely a bányászat előttihez közel azonos állapotok visszaállítására ad lehetőséget.

A szén szállítása leggyakrabban vasúti vagy vízi úton történik.



33. ábra: Folyami és tengeri szénzállítás [14]

A főbb tengeri szénzállítási útvonalak az 34. ábrán láthatók. A nagy távolságokra történő szállítás komoly emissziós kibocsátást okoz.



34. ábra: A főbb tengeri szénzállítási útvonalak 2005-ben [15]

- Kőolaj és földgáz bányászat, szállítás

A kőolaj kitermelés típusai a következők (35. ábra):

- szárazföldi fúrótornyok,
- mocsári fúróegységek,
- tengeri fúrótornyok,
- fúróhajók.



35. ábra: Szárazföldi és tengeri fúrótorny és fúróhajó [16;17;18]

A kőolaj kitermelés helye sem mentes a komoly környezeti károktól és más problémáktól. Nigériában 2009-ben közel 14 ezer tonna nyersolaj került a Niger folyó torkolatába. Ez a mennyiség önmagában kétszerese volt a teljes 2008-as szennyezések mértékének.

2010-ben ökológiai katasztrófa történt, amelyet egy fúrótorny kigyulladás, majd elsüllyedése okozott a Mexikói-öbölben. A 2010. április 22-én bekövetkezett robbanás megsemmisítette a tornyot, de a súlyosabb probléma az volt, hogy nyitva maradt a mélyfúrás rése, amelyen keresztül a tengerfenék alatti mezőből akadálytalanul ömlött a tengerbe az olaj. A szennyezés-folt néhány nap alatt elérte az amerikai partokat. Naponta közel 800 ezer liter olaj került a tengerbe, közel három hónapon át, amire sikerült lezárni a szivárgás forrását.

A hasonló jellegű katasztrófáknak két komoly klímavédelmi következménye is van. Egyrészt a fúrótorny kigyulladás miatt nagy mennyiségű üvegház hatású gáz jut a légkörbe, másrészt az olaj a víznél kisebb fajsúlyának köszönhetően a tengerfelszínen egy réteget képez. A katasztrófa következményeként az érintett mélytengeri övezetekben a szennyező anyagok miatt eltűnik az oxigén, így ott élet nem létezhet. Pedig az óceánok növényvilágának köszönhetjük a földi oxigén készletünknek a felét, továbbá ezek a növények nyelik el az ember által kibocsájtott CO₂ egyharmad részét. [19]

A szállítás is komoly környezeti hatással bír, ahogy a 36. ábra is szemlélteti. Az elmúlt 20 év során több mint 200 óriás tankhajó süllyedt el a nyílt óceánon, amelynek során szintén nagy mennyiségű olaj került a vízbe.



36. ábra: Az olajszállító tankhajók balesetének következményei [20]

Szállítás után a nyers kőolaj és földgáz feldolgozásra kerül. A feldolgozás környezetében a levegő minőségét az illékony szerves vegyületek (VOC) kibocsátása, a füstgáz emisszió és az egyéb finomítói véggázok eltávozása károsan befolyásolja. A kibocsátott légszennyező anyagok fajlagos mennyisége a finomítók környezettechnológiai fejlettségétől, a feldolgozás fokától (komplexitás) függően és az Unión belül sem egységes jogszabályi környezet miatt széles tartományban változik. Az EUROPEAN COMMISSION DIRECTORATE fenntartható fejlődéshez ajánlható technológiákat vizsgáló és fejlesztő intézetének felmérése (2001) szerint a levegő szén-dioxid terhelése 0,02-0,82 t/t feldolgozott kőolaj, az NO_x- és SO₂-kibocsátás 0,06-0,7 kg/t, illetve 0,03-6,0 kg/t. A VOC kibocsátás 0,05-6,0 kg/t, a részecske emisszió 0,01-3,0 kg/t. A légköri kibocsátást mérséklő technológiák közül a füstgázok és véggázok mosása a finomítói szennyvizek minőségét érinti. A szennyvízkezelésnek viszont VOC-kibocsátást növelő hatása van. A Dunai Finomító szennyvíztisztító telepéről évente 250-300 t VOC kerül a légtérbe, amely az összes kibocsátott VOC-nek kb. 10%-a. [21]

A feldolgozás szempontjából száraz és nedves földgázt különböztetnek meg. A száraz földgáz alapvetően metánból (80-99%) és etánból áll (1-15%) áll. A kőolajat kíséri a nedves gáz, melyet a kőolajból légköri nyomáson el lehet távolítani. Ebben a metán 30-40%, a propán részaránya elérheti a 20-25%-ot is.

A kitermelt nedves földgázt a szállításra elő kell készíteni, amely művelet a mezők közelében létrehozott földgázüzemben történik:

- szeparálás (a folyadékok leválasztása szeparátorokban),
- a szilárd szennyező anyagok leválasztása elektrosztatikus leválasztókkal,
- a különböző frakciók szétválasztása a gázolin üzemben (propánnál nagyobb molekulahúlyú szénhidrogének a szállításnál alkalmazottnál nagyobb nyomáson kondenzálódnak),
- vízgőz leválasztása (szárítással vagy hűtéssel),
- H₂ elválasztása hűtéssel,
- kén-hidrogén és szén-dioxid eltávolítása abszorbensekkel.

A szállítás nagy távolságokra csővezetéseken keresztül történik. A 37. ábra mutatja a jelenlegi, illetve a jövőben tervezett fontosabb szállítási útvonalakat.



37. ábra: A földgáz szállítás jelenlegi és tervezett szállítási útvonalai [22]

6.3.3 Klímavédelmi megoldások a fosszilis energiahordozók hasznosításában

A szénfajtákat túlnyomó többségükben gőzfejlesztőkben, azaz az ott található csövekben levő víz elgőzölgtetésére használjuk. Az előállított energiatípusok, energihordozók a következők:

- hőenergia,
- villamosenergia,
- kokszyártás.

A kokszyártás esetén az ásványszén a levegő kizárása mellett hevítik, így a benne lévő víz és szénhidrogén gázalakban elillan és csak a tiszta szén marad vissza.



38. ábra: A Vattenfall Europe AG szénérőműve Jämschwaldéban, Németországban [23]

A villamosenergia termelés lehetőségei

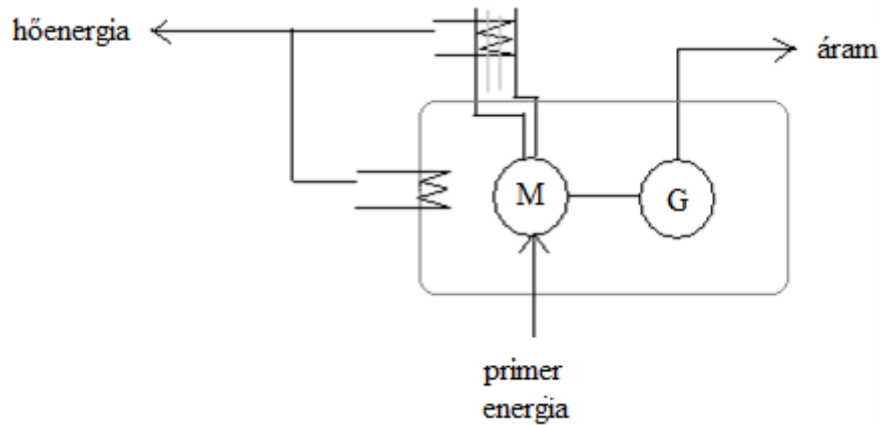
- kizárólag hő- vagy villamosenergia termelés,
 - kogeneráció: kapcsolt hő- és villamosenergia termelés során,
 - trigenerációs erőművek, amelyek abszorpciós hűtőberendezések segítségével és a hőenergia felhasználásával hideg energia előállítását teszik lehetővé.
- A kogeneráció és trigeneráció fogalma, működési elve

A kogeneráció kapcsolt hő- és villamosenergia termelést jelent. Általában a belsőégésű dugattyús motorok, a gázmotorok vagy a turbinák a kogenerációs egységek (KE) hajtóegységei, amelyek a földgáz égetésére vannak tervezve, de átalakításukkal más fűtőanyag égetése is megvalósítható.

A kogeneráció alap gondolata abból fakad, hogy a hagyományos kondenzációs erőművek villamosenergia-termelése során a felhasznált üzemanyag energiatartalmának csak viszonylag kis hányada hasznosul, míg az energiaátadó közeg kondenzációjánál nagyon sok energia elvész. Az energiatermelési folyamat végterméke kizárólag a villamosenergia, míg rengeteg

hulladékhő a környezetbe távozik. A hő és villamos energia kapcsolt termelésével a kondenzációkor felszabaduló energia mennyisége is hasznosul.

A kogenerációs egységeknél hőcserélők vannak beépítve, amelyek átveszik mind a füstgázok, mind a motor hűtőfolyadék hőenergiáját is. Általánosságban a megtermelt villamos- és hőenergia aránya 40-60%.

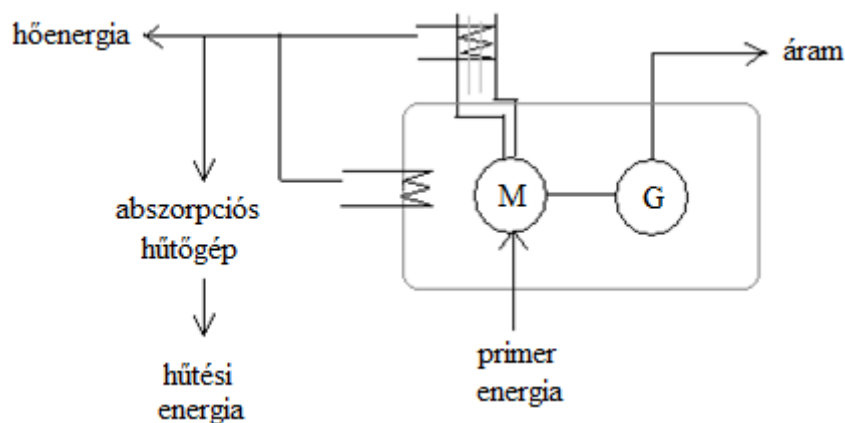


39. ábra: A kogenerációs energiatermelés sematikus ábrája (M - motor, G – generátor)

A kogenerációs energiatermelés technológiájától függően, ha a keletkező hő hőmérséklete alacsony, akkor fűtésre, ha magas, akkor ipari folyamatokban - rendszerint gőz formájában - lehet felhasználni.

A kogenerációs erőmű továbbfejlesztett változata a trigenerációs erőmű, amely abszorpciós hűtő segítségével és a hőenergia felhasználásával hideg energia előállítását teszi lehetővé, lásd 40. ábra. Használatuk még nem terjedt el széles körben.

Az abszorpciós hűtő fűtőegységéből, kondenzátorból, elpárologtatóból és abszorberből vagy más néven oldóból áll. Működése során az elpárologtatóban a hűtőközeg, általában ammónia, gőz halmazállapotba jut és hőt von el a hűtendő térből.



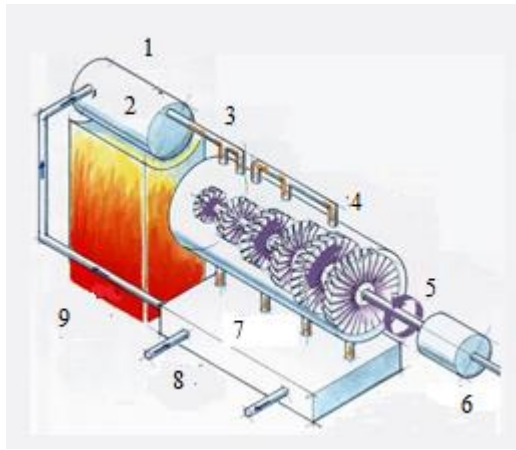
40. ábra: A trigenerációs energiatermelés sematikus ábrája (M - motor, G - generátor)

A kapcsolt energiatermelés területén jelenleg kétfajta energiaátalakítási technológiát alkalmaznak: a gázturbinákat és a belsőégésű motorokat. A tüzelőanyagcellák, mikro turbinák és a Stirling motorok gyakoribb használata a közeljövőben várható.

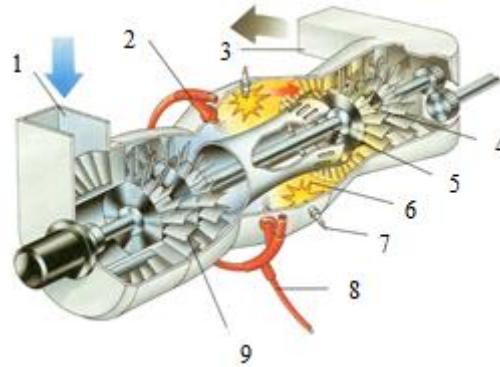
– Gázturbinák

A nagyméretű, jellemzően 1-100 MW villamos teljesítményű, kapcsolt energiatermelésű egységek széleskörűen alkalmazott primer energiaátalakítója a gázturbina. A tüzelőanyagot a nagynyomású égéstérben sűrített levegő hozzáadásával égetik el. A forró kb. 1200°C hőmérsékletű gázok elforgatják a turbinalapátokat, így a tengelyen mechanikai energia keletkezik. Általában ez a mechanikai energia hajtja a villamos energiát előállító generátort. A forró fáradt gázokat kétféleképpen lehet felhasználni: vagy a helyi ipari folyamatok hőigényét lehet úgy kielégíteni, hogy közvetlenül vagy hőcserélőn keresztül a hulladékhő-hasznosító kazánnal gőzt állítunk elő, vagy gőzturbinával villamos energiát termelünk velük. Felépítésüket, valamint működésüket a 41. ábra mutatja be.

A gázturbinából, a hulladékhő-hasznosító kazánból és a gőzturbinából álló elrendezést kombinált ciklusú gázturbinának nevezzük.



- 1 Kazán
- 2 A hő felforrálja a vizet
- 3 Túlhevített gőz
- 4 Turbinákat forgat a gőz
- 5 A turbinahenger áramfejlesztőt hajt
- 6 Áramfejlesztő
- 7 Gőzleválasztó (kondenzátor)
- 8 Hideg víz a gőzleválasztó hűtésére
- 9 A lecsapódó gőz visszafolyik a kazánba



- 1 Levegőbemenet
- 2 Kimenet
- 3 Kimenet
- 4 Turbinák
- 5 Turbinatengely
- 6 Égéstér
- 7 Gyújtógyertyák
- 8 Üzemanyag-vezeték
- 9 Kompresszor

41. ábra: Gőzturbina és gázturbina felépítése [24; 25]

– Belsőégésű motorok

Az energiaiparban használt belsőégésű motorok működési elve megegyezik a járműmotorok elvével. A villamos hatásfokuk nagyobb, mint a gázturbinaké, de az általuk előállított hőenergiát nehezebb hasznosítani, mert ennek a hőmérséklete alacsonyabb, és közel egyenlő mértékben oszlik meg a kipufogó gázok (hőmérsékletük kb. 400°C) és a hűtőközeg (hőmérséklete kb. 100°C) között. Sok esetben a hűtőközezből és a kipufogógázokból visszanyert hőenergia kimenete közös, jellemzően 100°C körüli hőmérsékletű forró vizet állítanak elő velük.



42. ábra: Dízelmotor [26]

A biogázzal üzemeltetett belsőégésű motorok egyre szélesebb körben terjednek.

14. táblázat: A kapcsolt energiatermelés technológiájának típusai és a keletkezett hő tulajdonságai [27]

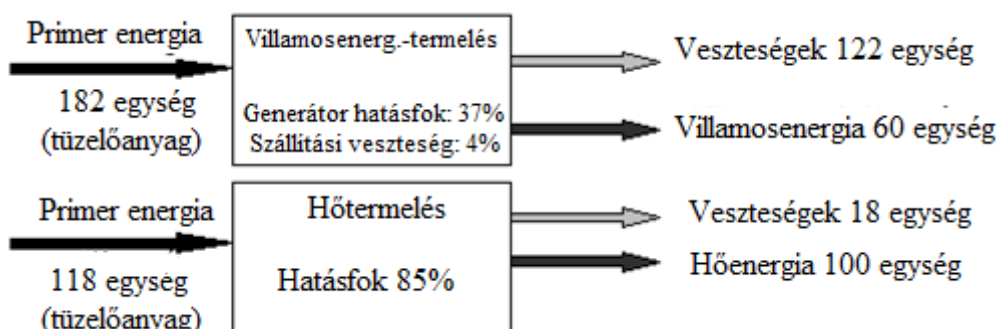
Primer energia átalakító	Elektromos teljesítmény tartomány [MW]	Elektromos hatásfok	Jellemző teljes hatásfok	Hő
Kombinált ciklusú gázturbina	3-300	35-55%	73-90%	Közepes nyomású gőz vagy nagyhőmérsékletű, forró víz
Gázturbina	0,3-50	25-42%	65-87%	Nagy nyomású gőz vagy forró gáz (500-600 °C)
Dízelmotor	0,2-20	35-45%	65-90%	Alacsony nyomású gőz Alacsony és közepes hőmérsékletű, forró víz
Gázmotor	0,003-6	25-43%	70-92%	Alacsony és közepes hőmérsékletű forró víz
Tüzelőanyagcella	0,001-100	40-60%	90%	Gőz vagy forró víz
Mikro turbina	0,03-1	27%	90%	Forró, fáradt gáz vagy forró víz
Stirling motor	0,001-0,005	10-15%	95%	Forró víz

- A kogenerációs erőművek energetikai előnyei

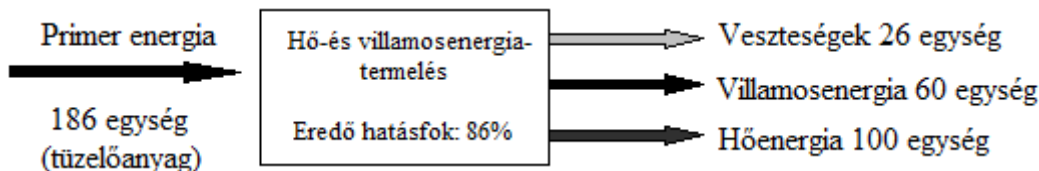
Az erőművekben történő villamosenergia-termelés hatásfoka átlagosan 37%, amely 33%-ra csökken a szállítási és elosztási veszteségek miatt. A hő 66%-a elkerülhetetlenül elvész, mivel nincs lehetőség arra, hogy a nagy erőművekben felhasználásra kerüljön.

A kogenerációs rendszerek a maradék hőenergia felhasználásával elméletileg 85%-os eredő hatásfokot érhetnek el, amely a primer energiahordozók tekintetében jelentős megtakarítást tesz lehetővé.

Azonos mennyiségű hőenergia és villamos energia előállításához az elkülönített technológiát alkalmazva 300 egységnyi primer energiát kell eltüzelni, míg kapcsolt energiatermelés esetén csupán 186 egységnyit, lásd 43. és 44. ábra.



43. ábra: Elkülönített hő- és villamosenergia termelés [28]



44. ábra: Kapcsolt hő- és villamosenergia termelés [28]

A kogenerációs energiatermelésen belül a világon a legkorszerűbbnek a kombinált ciklusú erőműveket tekintik, mivel nagy teljesítményt jó hatásfokkal képesek produkálni. Elterjedésük a földgáz térhódítását követte, amelynek alapja a repülőgép hajtóművéhez hasonlóan a gázturbina, csak itt a meghajtó anyag a földgáz. A gáz elégetésével mozgásba hozzák a turbinát, ez pedig a rákapcsolt generátor segítségével villamos energiát termel. A gázt nagy levegőfelesleggel égetik el, így kb. 500°C-os füstgáz lesz a folyamat eredménye. Ezt a füstgázt egy hőhasznosító kazánban forró víz illetve gőz előállítására hasznosítják. A gőzt egy turbinába vezetik, ahol újabb villamosenergia-előállítás történik, a forró vizet pedig átadják távfűtési célra. A gőzturbinából kilépő "fáradt gőzzel" - hőcserélőn keresztül - szintén forró vizet hoznak létre. Ezekben az erőművekben a villamos energia előállításának hatásfoka 45-58%-os.

Az erőmű összhatásfoka - amennyiben mind villamos, mind fűtési célú energiatermelés folyik benne - elérheti a 82-88%-ot. Így a hőtermelés hatásfoka 35-40% körülire becsülhető. Úgy is

fogalmazhatunk, hogy az elavult erőművekben, mint a jelenlegi újpestiben vagy az angyalföldiben 10 egység kiadott hőenergiához 1-2 egység villamos energia társul, míg a kombinált ciklusú erőműnél ez az arány elérheti a fele-fele arányt. Mivel a villamos energia az értékesebb, könnyen belátható, hogy az az erőmű termel több, értékesebb energiát, amelyik ugyanannyi hőenergia-előállítás mellett több villamos energiát hoz létre. [29]

- A kogenerációs erőművek klímavédelmi előnyei

Egy egység villamos energia hagyományos úton való előállításához 3, míg a kapcsolt technológia alkalmazásánál 1,5 egységnyi hőre van szükség, ami azt jelenti, hogy 50%-kal csökken a károsanyag emisszió is. A kibocsátott szennyezőanyagok mennyisége, összetétele, a felhasznált tüzelőanyag fajtájától függ. Mivel a kogenerációs rendszerek tüzelőanyaga rendszerint földgáz, a szén erőművekben történő elégetése során keletkező kéndioxidok, és hamu léghőbe jutását majdnem teljesen kiküszöbölhetjük. Így a szén-dioxid kibocsátás miatti üvegházhatás jelentősen csökkenthető. [28]

Napjainkban egyre gyakrabban alkalmazzák a biomasszát mint primer energiaforrást. A biomasszából történő energiatermelésről többségében kedvező vélemény alakult ki.

A kogeneráció két végterméke közül a villamos energia könnyen szállítható, ezért ez nem szab korlátot a termelésnek. E technológia fontos kérdése a hőenergia felhasználása. Ez azt igényli, hogy legyen a közelben kereslet. Ez pedig elvezet ahhoz a megoldáshoz, hogy nem a nagy, városoktól távoli erőműveket kell kogenerációs erőművekké alakítani, hanem a hőigény megjelenéséből kell kiindulni. Ideális tehát a városi távfűtő művek olyan átalakítása, amely során nemcsak hőt, hanem villamos energiát is termelnek. A villamos energia pedig a helyi hálózatba táplálható.

A helyi áramszolgáltatókkal kötött átvételi szerződésekkel igen gazdaságos energiatermelés valósulhat meg. Egy decentralizált energiaellátási rendszer sokkal hatékonyabban, környezetkímélőbb módon (egységnyi energiát sokkal kevesebb energiahordozó felhasználásával) és gazdaságosabban láthatná el Magyarországot energiával. Egyes források kb. 1 000 MW-ra becsülik a távfűtéshez rendelhető kogenerációs potenciált. [30] Ma már számos távhő-ellátási rendszer épül kogenerációs technológiára és biomassza tüzelésre.

- Hő- és áramvezérelt üzemeltetés jelentősége

A kapcsolt energiatermelésnek két csoportját különböztetjük meg:

- Hővezérelt üzemeltetés: a berendezést a hőigényeknek megfelelően üzemeltetik, míg az ezzel párhuzamosan megtermelt áramot vagy az üzemeltető saját áramigényének fedezésére használják, vagy a közáramellátás hálózatába táplálják.

- Áramvezérelt üzemeltetés: a cél a maximális áramtermelés. Az így megtermelt hő esetenként kevés vagy azt nem mindig lehet hasznosítani.

A kapcsolt energiatermelés legtöbb alkalmazásánál a hőigény meghaladja a villamosenergia-igényt az egész évre vonatkozóan. Más szavakkal, a hő- és a villamos energia aránya 1-nél nagyobb. Ez az arány azonban jelentősen változik az év, sőt a nap folyamán is. Környezetvédelmi szempontból mindig jobb, ha a kapcsolt energiatermelés a hőigényt követi, gazdasági szempontból viszont néha előnyösebb, ha a villamosenergia igényt követi. A villamosenergia-igényre méretezett esetben vannak időszakok, különösen nyáron, amikor a megtermelt hőt nem lehet felhasználni E miatt a kapcsolt energiatermelésű egység eredő hatásfoka csökken. Ez esetben nagy szerephez juthat a hő ipari hasznosítása, amely általában az év teljes egészében egyenletes hőigénnyel rendelkezik.

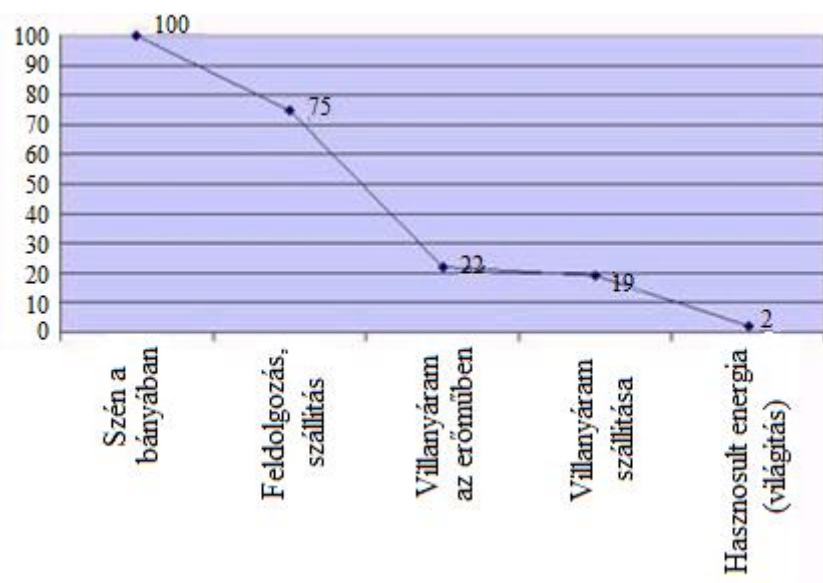
- Széntüzelési technológiák

Az erőművekben továbbra is a szén dominál mint tüzelő anyag. Ezt a hagyományokon túl az is erősíti, hogy a Föld szénkészletei sokkal nagyobbak, mint például a kőolajé. Az ún. „tisza szén technológiák” éppen az imént vázolt kettős kihívás jegyében terjednek egyre inkább. Ezek között előkelő helyet foglalnak el a kombinált, vagy kettős ciklusú erőművek. A kombinált ciklusú erőművekben a hatásfok növelése, az energiaveszteségek csökkentése céljából több energetikai ciklust alkalmaznak több munkaközeggel, és az egyik ciklus még sok energiát hordozó, de már kihasznált, „fáradt” közege képezi a következő, általában alacsonyabb hőmérsékletű ciklusnak a bemenő, kiinduló energiahordozóját. A két ciklus általában eltérő munkaközeget használ, tipikusan gázt és gőzt. A hatásfokot tovább lehet fokozni azzal, hogy az erőmű a villamos energián kívül hőt is szolgáltat, pl. távfűtési célokra.

Általában a szenet szilárd állapotban, kazánokban eltűzelve használják fel, majd a füstgázt tisztítással (kéntelenítés, NO_x mentesítés), vagy anélkül a környezetbe engedik. Az energiaátalakítás hatásfoka átlagosan 40% körüli, de persze ennél lehet rosszabbakat (pl.: Vértesi Erőmű 27%) és jobbakat is találni. A szuperkritikus gőzerőművek akár 50% feletti hatásfokot is elérhetnek.

Magyarországon a lignitet égető Mátrai Erőmű az ország legnagyobb szén-dioxid kibocsátó pontforrása, naponta 16 000 tonna széndioxidot emittál a levegőbe. Az energiatermelés az ilyen régi ligniterőművekben nem csak környezetszennyező, de alacsony hatékonyságú is. [31]

Az energiatermelés során komoly veszteségek keletkeznek az egyes technológiai folyamatok során, lásd 45. ábra.

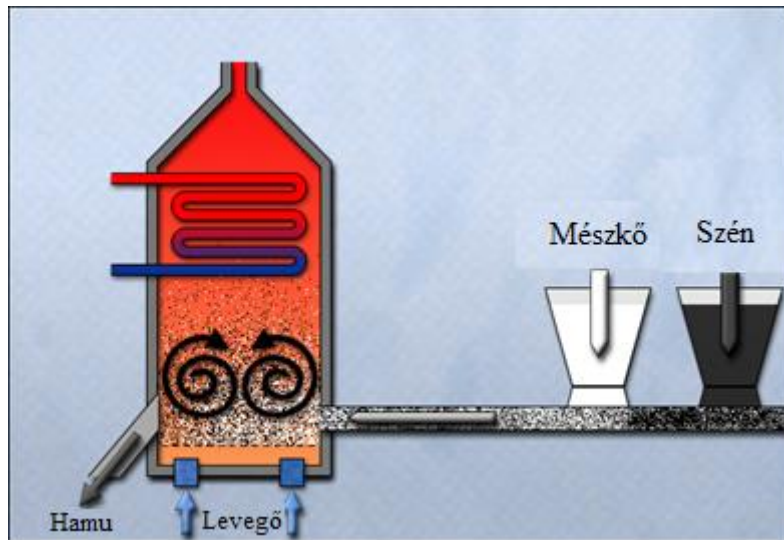


45. ábra: Szénből nyerhető energia veszteségei [32]

Környezeti szempontok a kombinált ciklusú erőművek esetében sokkal kedvezőbbek. Mivel a ként eltávolítják a tüzelőanyagból nem keletkeznek az elégetés során kén-oxidok. A nitrogén-oxidok képződése a nitrogén eredete szerint két csoportra bontható. Az egyik csoportba tartoznak a tüzelőanyag nitrogéntartalmából képződő nitrogén-oxidok. Ezek mennyiségét 0 közeli szintre redukálják a nitrogén tartalmú vegyületek eltávolításának köszönhetően. A másik csoportba tartoznak a termikus nitrogén-oxidok, amelyek az égéshez szükséges levegő nitrogénjéből keletkeznek. Ezeknek a mennyiségét az égés hőmérsékletének szabályozásával, (pl.: vízbefecskendezéssel) lehet megfelelő szinten tartani, viszont ha az égetés tiszta oxigén jelenlétében zajlik le, akkor a mennyiségük nullával egyenlő. A kibocsátott szén-dioxid mennyisége, a hagyományos szén-erőművekkel összehasonlítva, a jobb hatásfoknak köszönhetően kisebb, mivel egységnyi, pl. 1 kWh villamosenergia előállításához kevesebb tüzelőanyagot kell elégetni.

A CCS technológia (CO₂ megkötése és geológiai tárolóba helyezése) alkalmazásával viszont a légkörbe bocsátott szén-dioxid mennyisége nullára redukálható. Ez hatalmas előrelépés lehet a globális felmelegedés elleni harcban. Sajnálatos módon ennek alkalmazása jelentős mennyiségű energiát igényel, amely a hatásfok kb. 5%-os leromlását eredményezi. A kettős ciklusú erőművek (DC-IGCC) technológiánál a hatásfokcsökkenés 2-4%-kal kisebb. [33]

Az IGCC (Integrált elgázosítással működő kombinált ciklus) nagyságrendekkel jobb, mint egy szénporttüzelésű erőmű, a CCS technológiával kombinálva pedig, környezetbarát megoldás.

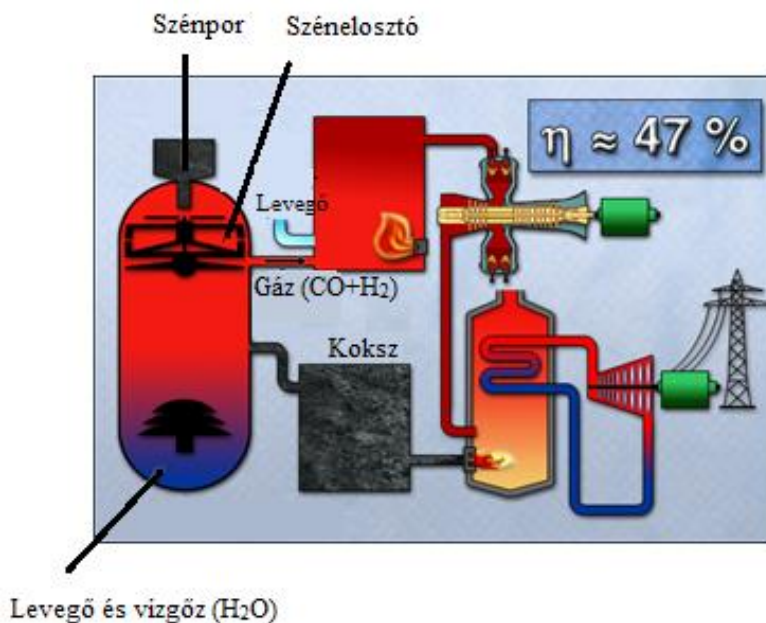


46. ábra: Fluidágyas tüzelés [34]

A fluidágyas tüzelés során a szilárd részecskéket gáz közegben lebegő állapotban tartják. A kén megkötése mészkőadagolással történik.

- Felszín alatti szénelgázosítás

A felszín alatti szénelgázosításon (UCG) a szén in-situ gázzá alakítását értjük, amelyet leggyakrabban szintézisgáznak neveznek. A folyamat során ugyanolyan kémiai reakciók mennek végbe, mint amelyek a felszíni gázosítás során lejátszódnak. Az elgázosítás során a szénhidrogének szintézisgázzá történő átalakítása nagy nyomáson és magas hőmérsékleten megy végbe és a végtermék számos célra felhasználható (elektromos áramtermeléshez, folyékony üzemanyag-elállításhoz, hidrogén gyártáshoz és szintetikus gázok előállításához), lásd 47. ábra.



47. ábra: Szén elgázosítás [34]

Az elgázosítás számos lehetőséget biztosít a szennyezés, különösen a kénkibocsátás, a nitrogénoxid és a higanyemisszió korlátozására, ellenőrzésére. Az UCG jelentősen növelheti a hasznosítható szénmennyiségét azáltal, hogy egyébként kitermelésre nem érdemes, mély vagy vékony, változatos földtani helyzetű széntelepeket gázzá alakít át.

Az UCG számos előnnyel bír a hagyományos felszín alatti vagy a felszíni szénelgázosítással szemben:

- Az UCG a hagyományos szénbányászati technikák háttérbe szorításához vezethet, mivel csökkenti a működtetési költségeket, a felszíni károsodást és kiiktatja a bányabiztonsági problémákat, mint a bányaomlás vagy fulladás (asphyxiation).
- A szén felhozatala szükségtelenné válik, ez által csökken a költség, az emisszió és az ökológiai lábnyom (az igénybevett terület nagysága), amelyet a szén szállítása és raktározása okoz.
- A szén hamutartalmának zöme a felszín alatt marad, ezért nincs szükség a gáztisztításra és elkerülhetők a hulló porral, hamuval és felszíni tárolásukkal kapcsolatos környezeti problémák.
- A fő szennyezők közül néhány egyáltalán nem képződik a folyamat során (SO_x, NO_x) és számos más szennyezőanyag (higany, kén, makrorészecskék, valamint por) mennyisége jelentősen csökken, kezelésük egyszerűbbé válik.
- Az UCG a hulladék mozgatásával, a technológia szempontjából nem használható meddő felszínre jutásával keletkező energiapazarlás nagy részét megszünteti.

- Az UCG, összevetve a hagyományos, felszíni égetéssel párosuló bányászati technikákkal, kevesebb üvegházhatású gázt termel és megvan az az előnye is, hogy a folyamat során maga hoz létre geológiai széndioxid-tározókat. Az UCG működtetéséhez létrehozott kúthálózat használható a termelést követő geológiai CO₂ elnyelésére és tárolására. Lehetségessé válhat a CO₂ tárolása a reaktorzónában a felszín alatt, miként a környező rétegekben is.
- Hagományos energiatermelés fejlesztésének további lehetőségei:
 - a földalatti szénelgázosítási technológia fejlesztése,
 - a kombinált fluid tüzelés alkalmazása,
 - a lepárlási maradék elgázosítása,
 - a kombinált földgáztüzelés-napenergia hasznosítása melegvíz előállítására,
 - a porszéntüzelésű erőművek további fejlesztése,
 - a villamos energia hatékony tárolása,
 - a hidrogéntermelés, üzemanyagcellák fokozott kutatása,
 - a szupervezető technikai módszerek kutatása,
 - a füstgáz-tisztítás hatásfokának a növelése,
 - az elektrofilter fokozott alkalmazása,
 - a kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés szorgalmazása,
 - az ipari veszteséghő hasznosítása a távfűtésben,
 - az energiatakarékos világítás,
 - az épületek hőszigetelési módszereinek a támogatása.

Felhasznált irodalom

[1] Dürschmidt, W., Zimmermann, G., Böhme, D., Eds (2006): Renewable Energies-Innovation for the Future, German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, Berlin 2006

[2] Biomassza Erőművek Egyesülése: Környezetvédelem-Levegővédelem
<http://www.biomasszaeromuvek.hu/kornyezetvedelem>

[3] Schöberl M. (2013): Fatermékek szénlábnyoma és a klímavédelem: energiahordozó helyettesítés
http://www.fataj.hu/2013/04/193/201304193_EnergiahordozoHelyettesites.php

[4] Zsebin A. (szerk.) (2003): Energiaforrások és készletek. Oktatási segédanyag. E-on Hungária. Budapest.

[5] Knoema. World Reserves of Fossil Fuels.
<http://knoema.de/smsfgud/world-reserves-of-fossil-fuels>

- [6] Mika J.: Éghajlatváltozás, hatások, válaszadás. Digitális Tankönyvtár.
http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0038_foldrajz_MikaJanos-eghajlat-HU/ch01s12.html
- [7] Szalontay M. (2011): Szénkészlet 230 évre. Magyar Hírlap Online.
http://archivum.magyarhirlap.hu/gazdasag/szenkeszlet_230_evre.html?hsz=1
- [8] Zöldtech (2005): Kína emeli a megújuló energia részarányát
<http://zoldtech.hu/cikkek/20051108kina>
- [9] EUROSTAT
- [10] Boros T.: A szénbányászat jelene és jövője a Kínai Népköztársaságban
http://www.omikk.bme.hu/collections/mgi_fulltext/energia/2002/12/1204.pdf
- [11] http://sycomoreen.free.fr/PHRSD_FAQ_deu.html
- [12] Máday F. (2011): Ásványvagyongazdálkodás. Digitális Tankönyvtár.
http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0033_SCORM_MFFAT6401/sco_02_03.htm
- [13] Kentucky Coal Education. Longwall Mining.
http://www.coaleducation.org/technology/Underground/Longwall_Mining.htm
- [14] MecCoal
<http://www.mec-coal.com/meccoal.asp>
- [15] Katona Z. (2008): Modern Széntüzelésű Erőművek. BME Egyetemi jegyzet.
<http://energetika.13s.hu/pub/szeneromuvek/1%20eloadas%20Szen%20Szerepe%202012.pdf>
- [16] Wood D.: A New Beginning for Mexican Oil. Wilson Center. Mexico Institute.
<http://www.wilsoncenter.org/publication/new-beginning-for-mexican-oil>
- [17] <http://www.marine-marchande.net/Collection%20Le%20Mens/LeMens9/Workfox-Seafox2.jpg>
- [18] Helyi Téma (2012): Rekordmélységbe fúrtak az óceán fenekén.
<http://helyitema.hu/tudomany-technika/37373>
- [19] Az olaj és ami vele jár
<http://www.zoldauto.info/olajfuggoseg/az-olaj-es-ami-vele-jar>
- [20] http://galeria.index.hu/bulvar/2009/03/13/olajszennyezés_az_ausztral_par/?current_image_num=1&image_size=m

- [21] Keresztényi István (2008): Kőolajipari termékek és előállításuk során képződő szennyvizek biológiai tisztításának ökotoxikológiai jellemzése. PhD-értekezés. Szent István Egyetem. Gödöllő.
- [22] <http://www.origo.hu/itthon/20090106-gyurcsany-magyarország-a-nabucco-gazvezeteket-reszesiti-elonyben.html>
- [23] Hivert-Klokner Zs. (2013): Néma gyilkossá válnak a német szénerőművek. <http://www.origo.hu/kornyezet/20130718-nemetország-szeneromu-nap-szel-atomenergia-nema-gyilkossa-valt-a-nemet-legszennyeztes.html>
- [24] <http://www.vilaglex.hu/Lexikon/Html/Turbina.htm>
- [25] <http://www.vilaglex.hu/Lexikon/Html/Gaszturb.htm>
- [26] <http://www.energymagazin.hu/?p=713> 2014.08.22. 10:21
- [27] Smit R. (2006): Elosztott energiatermelés és megújuló energiaforrások. Kapcsolt energiatermelés. Villamosenergia - minőség és Szolgáltatói Útmutató. Leonardo Energy. http://www.rezinfo.hu/files/file/8_3_5_magyar.pdf
- [28] Kiss Ferenc: Kapcsolt hő-és villamosenergia-termelés közfürdőkben, MHT XIX. vándorgyűlésén elhangzott előadások 7/4 <http://www.vizugy.hu/vir/vizugy.nsf/b94ded564c85d9e5c1256d3200311271/af1a1e16c913b845c1256c94003398ff?OpenDocument>
- [29] <http://www.vgfszaklap.hu/cikkek.php?id=321>
- [30] http://www.undp.hu/oss_hu/tartalom/kiadvanyh/kiadvanyh_body/csinaljukjol/szam14/szam14_body/14_8fej.htm
- [31] http://greenpeace.blog.hu/2013/09/16/a_vattenfall_sotet_titkai_greenpeace_aktivistak_a_szenvonatok_elott
- [32] <http://www.carborobot.hu/HU/Szenfajtak.htm>
- [33] Liqiang D., Rumou L., Shimin D., Hongguang J., Ruixian C. (2003): A novel IGCC system with steam injected H₂/O₂ cycle and CO₂ recovery. Institute of Engineering Thermophysics, Chinese Academy of Sciences, P.O. Box 2706, Beijing 100080, PR China. 799-804 p.
- [34] Energiewelten –Wie der Strom in die Steckdose kommt. Doppel CD-ROM, Begleitheft. Arbeitskreis Schulinformation Energie, Frankfurt.

7. A megújuló energia ipar

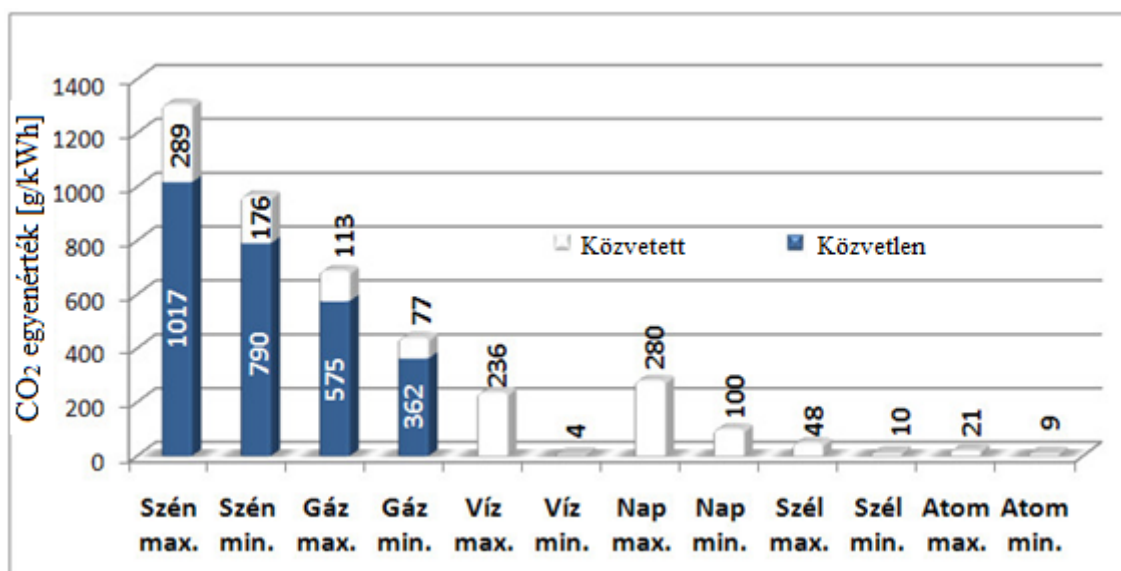
Alapvetően az összes megújuló energiaforrásnak a Napból érkező energia a forrása. Magyarország energiafelhasználása évi 1000 petajoule körül van, ennek mintegy 7%-a származik megújuló forrásból, zömében fából.

7.1 A megújuló energiaforrások alkalmazásának klímavédelmi előnyei

A Föld éghajlati rendszere komolyabb következmények nélkül 11 Mrd t CO₂-t tud befogadni évente, ez a ma kibocsátott mennyiség fele. Az emberiség energiafogyasztása várhatóan növekszik a jövőben, amely további emisszióhoz vezet. A szén-dioxidra érvényes kívánatos kibocsátási szint eléréséhez a fejlett országoknak a negyedére kellene csökkenteni az üvegházgázok emisszióját 2050-re. [1]

A megújuló energiaforrások segíthetnek elérni a kitűzött célokat, a fosszilis tüzelőanyagok kiváltása révén. Magyarország jelenlegi CO₂ kibocsátása 58 millió tonnát tesz ki évente, amely döntő részben az energiaszektorban keletkezik a fosszilis tüzelőanyagok elégetése révén. A 80-as évek közepe óta az ipari tevékenység visszaesésével 33,9%-kal csökkent a CO₂ emisszió. [2]

A megújuló energiaforrások alkalmazása klímavédelmi szempontból kedvezőbb a fosszilis tüzelőanyagokkal szemben, lásd 48. ábra.



Közvetett emisszió: az életciklus alatt kibocsátott CO_{2e}

Közvetlen emisszió: a tüzelés során kibocsátott CO_{2e}

48. ábra: A különböző elektromos áramtermelő módok teljes életciklusra vetített CO₂-dal egyenértékű kibocsájtásának összehasonlítása [3]

A teljes életciklus vizsgálata során a legnagyobb energiabefektetés a megújuló energiát hasznosító berendezések előállítása során szükséges és ezáltal a kibocsátott szén-dioxid mennyiség legnagyobb része is ebben a fázisban kerül ki a légkörbe. Ez jól vizsgálható az un. energetikai amortizációs idővel, amely alatt azt az időt értjük, amely ahhoz szükséges, hogy a berendezés megtermelje az előállításához és megsemmisítéséhez szükséges energiamennyiséget. Az egyes megújuló energiaforrások energetikai amortizációs ideje nagymértékben eltér egymástól (15. táblázat).

15. táblázat: A megújuló energiaforrások energetikai amortizációs ideje [4]

Elektromos energiatermelés	
Szélerőmű	3-7 hónap
Vízenergia	9-13 hónap
Nap hőerőmű (Marokkó)	3-7 hónap
Polikristály-szilícium napelem, modern előállítási technológiával	3-5 év
Napelem vékonyréteg-cellákkal	2-3 év
Gáz erőmű	*
Szénerőmű	*
Atomerőmű	*
Hőtermelés	
Napkollektor	1,5-2,5 év
Geotermikus energia	7-10 hónap
Gázkazán	*
Olajkazán	*

* kimerülő energiahordozót hasznosítanak, amelyhez mindig több tüzelőanyag szükséges, mint amennyi hasznos energiát termelnek

A táblázatból kitűnik, hogy a napelemek esetében nagy szükség van a közeljövőben a fejlesztésre, mind a hatásfok javítás szempontjából, mind az eszközök előállítási folyamata során felhasznált energia minimalizálásában.

7.2 Szélerőművek

A szélerőművek két alaptípusát különböztetjük meg. Kialakíthatunk szárazföldi, azaz onshore szélerőmű parkokat és tengeri, azaz offshore szélerőmű parkokat.

7.2.1 Szélerőművek felépítése



49. ábra: La Ventosa (Mexikó, Oaxaca állam) - a világ egyik legnagyobb szélerőmű parkja [5]

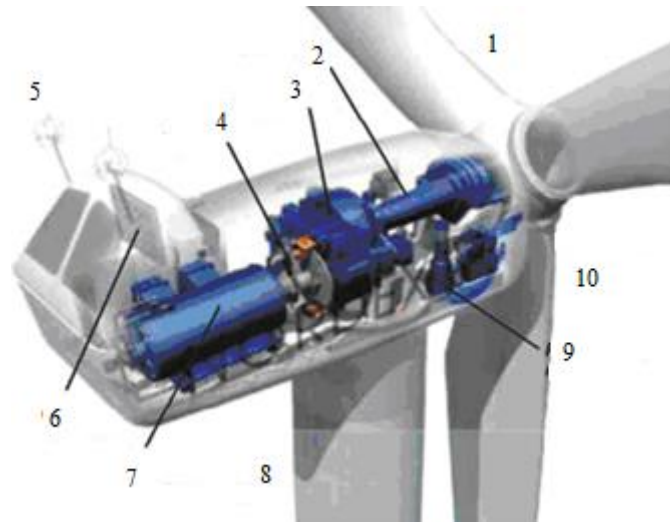
- Onshore szélerőművek

A szélerőművek fő részei az oszlop, a generátor, a sebességváltó rendszer, a vezérlőegység és esetleg a fék. Teljesítményük változó lehet, általában 10-500 kW között van, de nagyobb leadott teljesítményre képes szélturbinák is léteznek (5 MW).

Telepítésük előzetes mérések után, megfelelően szeles területre történik, de mivel a szél nem folyamatosan fúj és erőssége is változó, a szélturbinák nem szolgáltatnak egyenletesen áramot. Optimális üzemvitelükhöz akkumulátorok alkalmazása szükséges, vagy a szélturbinákat az elektromos hálózathoz kell csatlakoztatni.

Típusai:

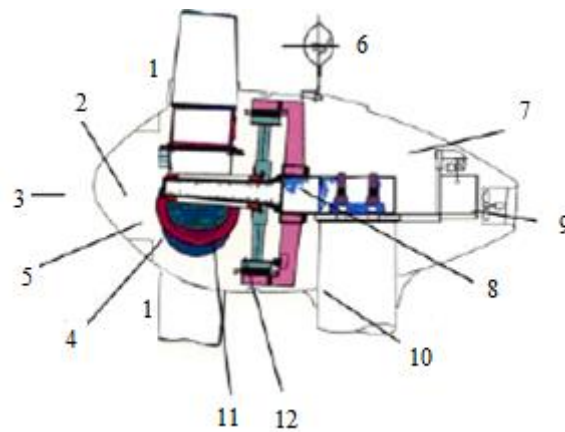
- Nyomatékváltós berendezés (50. ábra): A hagyományos aszinkron generátorral felszerelt berendezés működéséhez 1000-1500 percenkénti fordulatszámra van szükség. Ezeknél a berendezéseknél a 30-40 fordulatos lapátkerék forgást nyomatékváltóval gyorsítják a kívánt kb. négyszeres mértékre. A nagy sebességgel forgó alkatrészeknek speciális hűtésre és kenésre van szükségük. A hűtő és kenő folyadékok zárt rendszerűek, szabadba jutásuk kizárt.



1 -rotor, 2- főtengely, 3- nyomaték-váltó, 4- kuplung, 5- jelvezők, 6- hűtő, 7- generátor, 8- tartószerkezet, 9- pozicionáló motor, 10- rotorlapátok

50. ábra: Nyomatékváltós szélérőmű [6]

- Nyomatékváltó nélküli berendezés (51. ábra): Nincs szükség nyomatékváltóra, mert a generátor a lapátkerék közvetlen hajtásával (percenként maximum 40 fordulat) képes a maximális villamos teljesítmény elérésére. A szélérőmű tetején, a gépházban termelt energiát egyenirányítás után, kábeleken keresztül juttatják az oszlop aljában található elektronikus átalakító berendezésbe (inverter), amely az elektromos hálózatnak részére megfelelő, váltakozó feszültségű villamos áramot állít elő.



1 -lapát, 2- lapátforgató motor, 3- burkolat, 4- tengely, 5- csapágy, 6- szélesség- és szélirány mérő, 7- alkatrész daru, 8- tengely felfogása, 9- hűtőventillátor, 10- állvány, 11- generátor forgórész, 12- generátor állórész

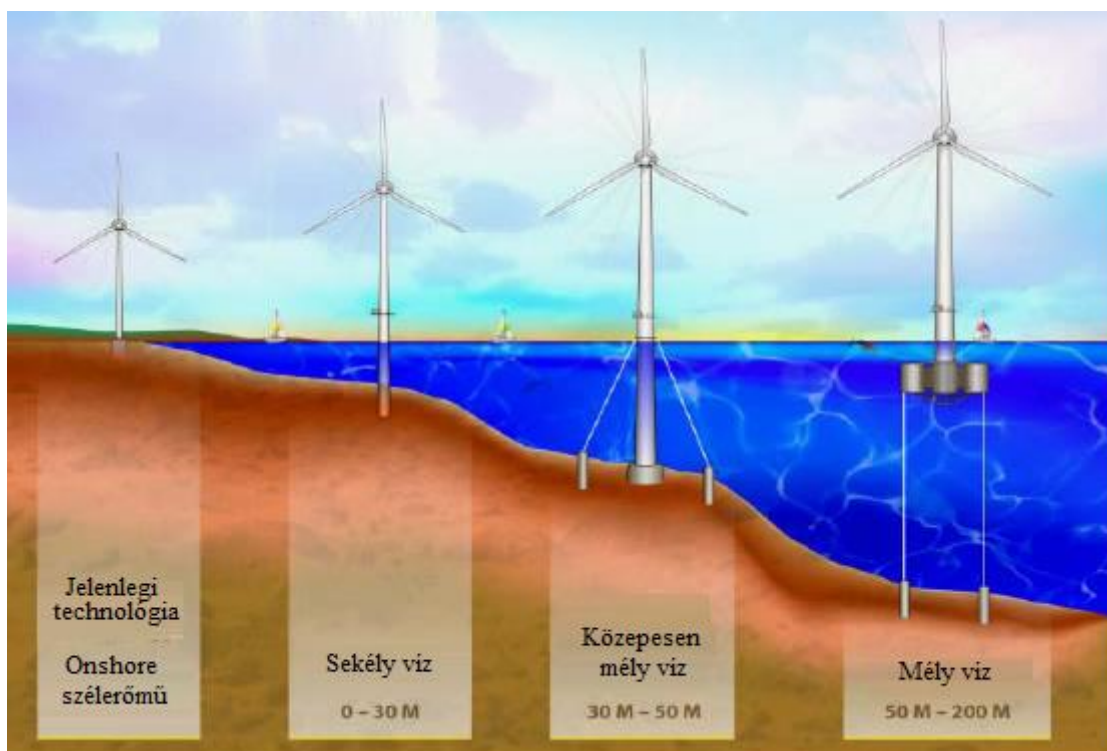
51. ábra: Nyomatékváltó nélküli szélérőmű [6]

- Offshore szélérőművek

Nagy potenciál rejlik a nyílt tengeren felállított turbinák által termelt szélenergia használatában. Az offshore szó jelentése parttól távol fekvő, illetve partmenti. A létesítés nagyobb ráfordítási költséget igényel, akár 50-100%-kal is drágább az onshore technikánál, mégis gazdaságos lehet, hiszen a tengereken a szél tartósabban és erősebben fúj, mint a szárazföldön. Ezen kívül ilyen esetekben kisebb mértékű a lakosság terhelése, és így a létesítmény felépítése ellen is kisebb a tiltakozás.

Mivel az offshore szélérőművek az agresszív, sós tengeri levegő miatt ki vannak téve a rozsdásodás veszélyének, kiegészítő óvintézkedésekre, pl. a sós víznek ellenálló építőanyagok alkalmazására, a rozsdásodás elleni védelem javítására és bizonyos alkatrészcsoportok teljes tokozására van szükség.

Az offshore szélérőműveket a vízben elhelyezkedő alapra építik, vagy – nagyobb mélységek esetén – úszó szigetekre telepítik, és acélsodronyokkal rögzítik a tengerfenékhez. Problémát okoz a berendezés mozgása, amelyet a tenger hullámozása okoz, és amely öngerjesztő lehet. Ezeket már a tervezés folyamán figyelembe kell venni. Az előállított elektromos áram szállítása a partra található betáplálási pontig „tengeri kábeleken” keresztül történik. [7]



52. ábra: Offshore szélérőművek várható fejlődési tendenciái [8]

- A szélenergia fluktuációjának kiegyenlítése, valamint tározási és szállítási technológiák

A villamos energia rendszerek általános problémája, hogy az éjszakai időszakban az elektromos energiára nincs akkora igény, mint nappal. Ebben az időszakban nincs szükség a folyamatos üzemre tervezett alaperőművek illetve a szélerőművek által termelt energiára. Nem kevés gondot okoz úgyszintén a napi energiacsúcsok kielégítése. A problémát tovább fokozza, hogy a szélerőművek által termelt energia szakaszosan áll rendelkezésre, és ez az időszakosság a hálózat stabilitását is megzavarhatja. Ezeknek a hátrányoknak a kiküszöbölésére, különböző, az energia tárolására alkalmas technológia, eljárás áll rendelkezésre, amely pufferként szolgál az áramszolgáltató és a szélerőműparkok között, kiegyenlítve a lökészerű terheléseket.

A különböző villamos szélerő-gépek felhasználása üzemmód szerint kétféle lehet:

- sziget üzem, helyi energiafelhasználással, vagy
- hálózati üzem, a megtermelt villamos energia elektromos hálózatra történő táplálásával.

A leggyakrabban alkalmazott felhasználás a villamos áram közcélú elosztóhálózatra való rátáplálása, így a szélerőmű szerves része lesz a hálózatot tápláló erőműrendszernek. A szigetszerű üzemeltetés a kislevegységek lehetősége.

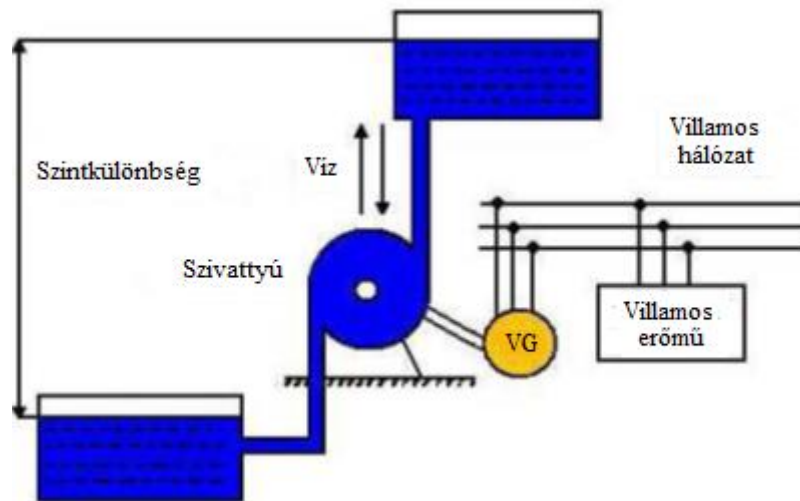
A szakaszosan rendelkezésre álló megújuló energiaforrásokat hasznosító erőművek terheléskiegyenlítésére akkumulátorokat alkalmaznak. Amennyiben a szél fúj, azaz az erőmű képes energiatermelésre, a termelt energiát leadja az energiatárolónak, ugyanakkor amikor szélcsend van, azaz az erőmű üzemben kívül van az energiát a fogyasztók felé az akkumulátor, adja le. Ezzel a módszerrel azonban csak helyi, átmeneti problémákat lehet elhárítani.

Nagy távolságok esetén jó energiatárolási képességgel rendelkező, mesterséges energiahordozót kell alkalmazni. Ezek a mesterséges energiahordozók az energia tárolására alkalmas anyagok, amelyek adott esetben az előállítás helyszínétől nagy távolságokra, találhatóak. Így a megtermelt energiát a felhasználás helyszínére kell szállítani.

Alább felsoroljuk a szélerőművekhez kapcsolódó energiatárolók néhány fajtáját:

- elektromos energia tárolása mechanikai energia formájában - mechanikai akkumulátorok:
 - helyzeti energia formájában történő tárolás szivattyús-tározós erőművel,
 - mechanikai energia tárolása sűrített gázzal,
 - lendkerekes energiatárolás,
- villamos és elektromágneses energiatárolók,
- elektrokémiai akkumulátorok,
- kémiai energiatárolók és energiahordozók.

A mozgási energia tárolására legelterjedtebb a lendkerék forgási energiájának használata. A helyzeti energia tárolására talán a legfontosabb példa a szivattyús-tározós erőmű. Ezeknek az erőműveknek a működési elve, hogy energiaminimumok idején a szélerőmű által termelt energiát a szivattyú működtetésére használják, amellyel vizet szivattyúznak az alacsonyabban fekvő víztározóból a magasabban elhelyezkedő víztározóba, majd csúcsfogyasztás idején ezt a felszivattyúzott vízmennyiséget visszaengedik a turbinára villamos energiatermelés céljából. A szivattyús-tározós erőmű elvi működését és egy megvalósult létesítményt az 53. és 54. ábra szemlélteti.



53. ábra: Szivattyús-tározós erőmű elvi vázlata [9]



54. ábra: Szivattyús-tározós erőmű Japánban [10]

Az energiatárolás másik reális lehetősége a hidrogén mint tároló közeg alkalmazása, mert egy hidrogénvezeték energiasűrűsége sokkal nagyobb, mint egy áramszállító kábelé. [9]

A hidrogén tulajdonságai:

- Amennyiben égése tiszta oxigénnel történik, akkor végtermékként vízgőz keletkezik, amely ártalmatlan a környezetre nézve.
- Ha levegővel történik az égés, akkor a vízgőz mellett nitrogén-oxid, illetve nitrogén-dioxid keletkezik, amelynek káros hatásai vannak a környezetre nézve.
- Hátrányaihoz sorolható, hogy cseppfolyósítása és a cseppfolyós állapotban tartása energiaigényes, mivel alacsony hőmérsékletre (-252°C) van szükség.
- Szivárgás- és robbanásveszélyes anyag, ezért a hidrogént tároló, szállító és felhasználó berendezések használata fokozott ellenőrző és biztonsági szabályozást igényel.

A hidrogén előállítására többféle eljárást szoktak alkalmazni:

- földgázból,
- vízből elektrolízissel,
- vízből termikus disszociációval,
- biogázból és bomlástermékből,
- ammóniából.

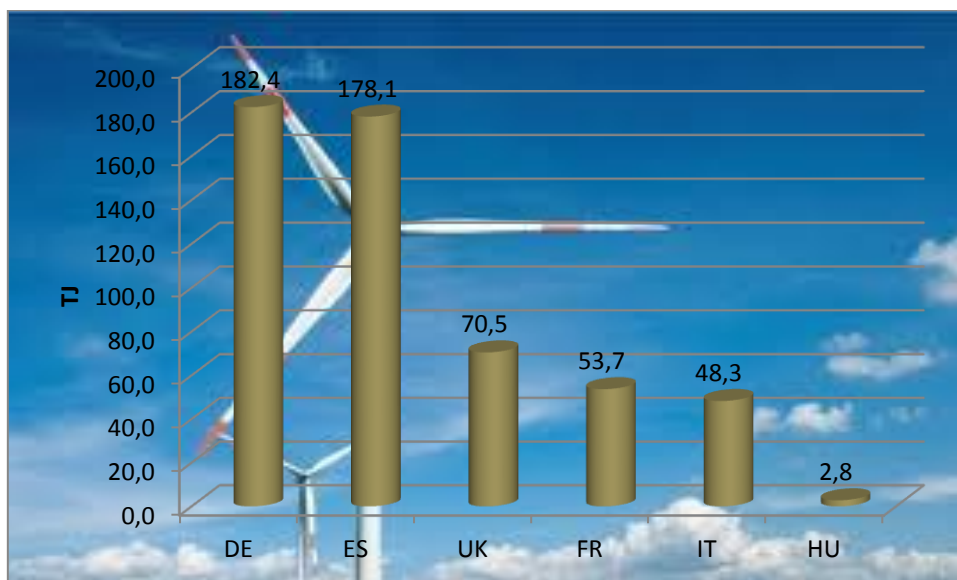
Jelenleg, napjainkban a legtöbb hidrogént metán átalakításával állítják elő vízgőz hozzáadásával. Az eljárást reformálásnak, a keletkező hidrogént pedig reformált hidrogénnek nevezzük. Ennél az eljárásnál a megújuló energiát pl. a vízgőz előállítására lehet felhasználni. Sajnos ennél a folyamatnál a szén-dioxid keletkezése elkerülhetetlen. [9]

7.2.2 Szélerőenergia hasznosítás tendenciái

- A szélerőenergia hasznosítás nemzetközi helyzete

A szél, a világ vezető megújuló energiaforrása, 2011-ben 41,2 GW-tal nőtt a belőle termelhető energia mennyisége. Az új kapacitások több mint fele Ázsiában épül. A szárazföldön található alkalmas területeken csaknem mindenhol megjelent a széltechnika, a tengerekben és óceánokban felállított szélenergia-termelő kapacitása azonban mindössze 4,6 GW. Szerencsére ez a szám gyorsan növekszik, 2006 óta meghatszorosodott.

75 országban vannak ipari méretű szélenergia-termelő, 22 országban 1GW feletti a telepített szélenergia-termelő kapacitás. GWEC (Global Wind Energy Council) szerint közel félmillió embert foglalkoztat világszerte ez az iparág. Európában a 93,9 GW szélenergia-termelő kapacitás az európai villamos energiafogyasztás 6.3%-át biztosítja. [11]



55. ábra: Az EU öt vezető szélenergia hasznosító országa és Magyarország által termelt energiámennyiség 2012-ben

12 ország állított már fel offshore erőműveket, és hamarosan mások is csatlakoznak hozzájuk. Az offshore szélturbinák 90 százaléka Európában található, főleg Dániában, Belgiumban, Németországban és az Egyesült Királyságban. Ez utóbbi ország egyedül évi 2,5 GW offshore szélenergiát termel. Európán kívül még Kínában és Japánban találhatóak hasonló létesítmények. Az Egyesült Államokban többek között a Google befektetéséből a keleti parton New Yorktól Virginiáig 482 kilométeren telepítenének szél erőműveket az óceánba, amely 7 GW energiakapacitással rendelkezne. A projekt egyik legnagyobb akadálya, hogy sokan aggódnak az óceánparti kilátás lerombolása miatt.

A 10 legnagyobb szén-dioxid kibocsátó ország közül 9-nek (Irán kivételével) van olyan potenciális offshore szélenergia kapacitása, mely bőven kiszolgálná lakosságának elektromos áram igényét. Oroszország például 23-szor több energiát képes termelni, mint amennyire szüksége van. [12]

- A szélenergia hasznosítás magyarországi helyzete

A hazai kapacitás jelentősen emelkedett az elmúlt évtizedben, a belőle termelt villamos energia mennyisége 2005 után ugrásszerűen megnövekedett. Az első szél erőművet Inotán (Várpalotán) adták át 2000-ben, az első villamos hálózatra (közüzemi mérlegkör) kapcsolt szél erőmű pedig 2001-től működik Kulcsán. Telepítésüket hátráltatja a bonyolult engedélyeztetési eljárás, valamint az a tény, hogy az előállítható szélenergia mennyiségét a Magyar Energia Hivatal 330 MW-ban maximalizálta. [13] Oka, hogy a magyarországi villamos energia rendszer rendszerirányítását végző MAVIR Zrt. rendszerirányítási problémákra hivatkozva szigorította a szél erőművek villamos hálózatra csatlakoztathatóságát. Emellett a jogszabályok szerint a szél erőművek menetrendtartásra kötelezettek, büntetést fizetnek, ha az

energiatermelés előrejelzésük a tényleges energiatermeléstől napi átlagban $\pm 50\%$ -nál nagyobb mértékben tér el.

Magyarországon összesen 37 szélérőmű van, összesen 172 toronnyal, 329 325 kW beépített teljesítménnyel. A legtöbb szélérőmű az ország északnyugati részén található. [14]

7.2.3 Szélenergia hasznosítás környezet és klímavédelmi hatásai

Természetvédelmi szempontból az egyik legérzékenyebb kérdés a szélérőművek telepítési helyének a megfelelő kiválasztása. Ez mind a növény, mind pedig az állatvilág szempontjából rendkívül fontos. Amikor a szélérőművek élővilágra gyakorolt hatásait vizsgálják, elsősorban az állatvilágra, különösen a madarakra és a denevérekre kifejtett hatásokat elemzik. A madarak nem érzékelik a szélérőművek forgó rotorlapátjait és neki repülnek. A vonuló madarakat vonzzák a széltornyok fényei, bizonyos mértékig megzavarhatják őket az útvonalukban. Röptükben a szélérőművekhez kapcsolódó magasfeszültségű vezetékeknek vagy a rögzítő köteleknek ütköznek.

A szélérőművek telepítése során a növényvilágra kifejtett hatás a szélérőművek által elfoglalt területeken élőhelymegszűnés, az erőművek és utak, valamint földkábelek építése során taposás.

A szélérőmű parkok általában mezőgazdasági művelés alatt álló területen épülnek fel. Ezeken a területeken a mező- és az erdő, valamint a vadgazdálkodás tovább folytatható, és a környező természetes élőhelyek nem sérülnek.

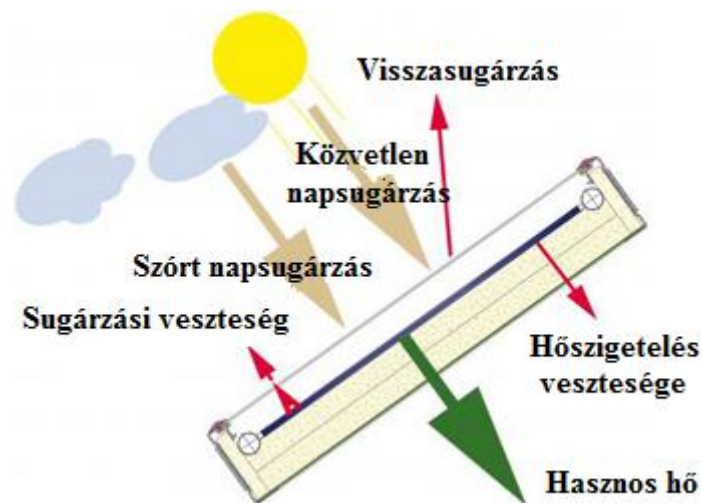
7.3 Napenergia hasznosítása

A napenergia hasznosítása során két fő csoportot különböztetünk meg, az egyik az aktív hasznosítás, amikor külön erre a célra készített eszköz (kollektor, napelem) segítségével alakítjuk át a Napból érkező sugárzási energiát hővé vagy elektromos energiává. A másik megoldás a passzív hasznosítás, amikor kiegészítő berendezés nélkül hasznosítjuk a szoláris energiát. Ez lényegében az épületek kialakításával, tájolásával lehetséges.

7.3.1 Termikus hasznosítás

A fototermikus megoldás segítségével, a napenergiát folyadék vagy légnemű anyagot áramoltató átalakító eszköz (napkollektor) révén közvetlenül hővé alakítjuk. Ebben az esetben az anyag áramoltatása külön energiát igényel. A felmelegített folyadékot leggyakrabban meleg víz előállítására használjuk fel, de egyéb technológiai célok is szóba jöhetnek.

A napkollektorok működésének lényege, hogy a felületére eső napsugárzást elnyeli, amely a kollektorház belsejében található abszorber segítségével alakítható át hőenergiává. A kollektor mind a közvetlen (direkt), mind a szórt (diffúz) napsugárzást hasznosítja, lásd 56. ábra.



56. ábra: A síkkollektorok felépítése és működése [15]

Az abszorbert ún. szelektív bevonattal látják el, amely elnyeli a rövid hullámhosszú napsugárzást, míg saját hosszú hullámhosszú sugárzását visszaveri, ezzel biztosítva a sugárzási veszteség minimalizálását. Az abszorber a hőenergiát átadja a rendszer csöveiben keringő fagyálló folyadéknak.

A síkkollektor hőmérséklete elérheti a 120°C -t is. A kollektorház alján és oldalán elhelyezett hőszigetelés minimálisra csökkenti a hőveszteséget. A síkkollektor felülete speciálisan edzett, antireflexiós üvegből készül, amely szintén minimalizálja az energiaveszteséget, valamint ellenáll az időjárás viszontagságainak, mint pl. a jégesőnek.

A napkollektorok hatékonysága függ:

- az abszorbertől,
- a napkollektorok helyzetétől,
- a napkollektor felület dőlésszögétől és tájolásától.

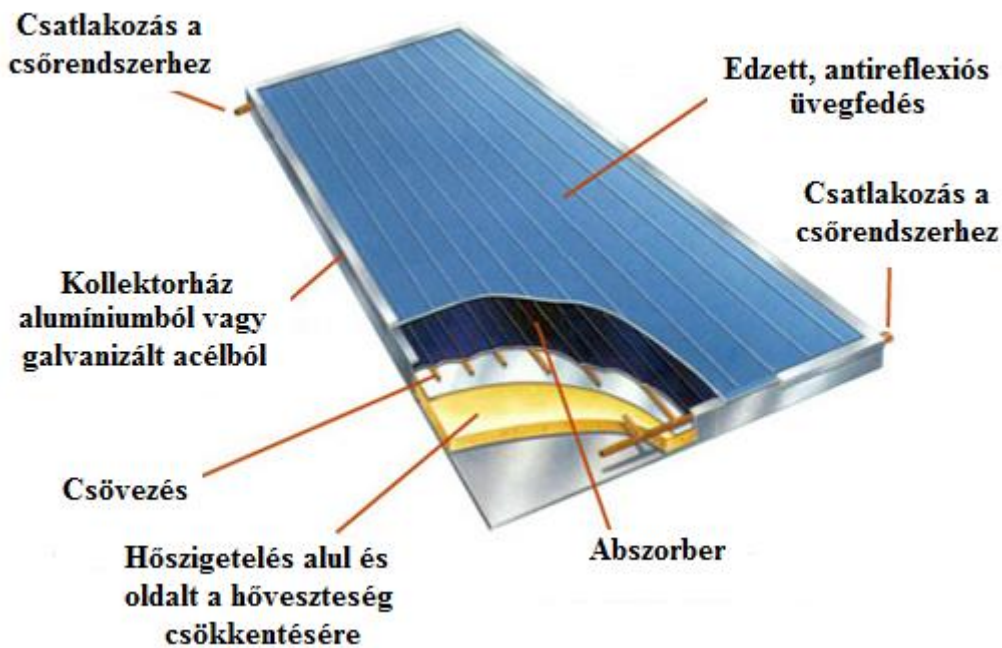
A napkollektorokat optimálisan dél irányba kell tájolni. A napkollektor dőlésszögét úgy kell megválasztani, hogy a felhasználási időszakban optimális működést biztosítson. Kizárólagosan nyári üzemelés esetén az optimális dőlésszög 15° és 25° között van, mivel nyáron a nap magasabban helyezkedik el az égen. Egész éves üzemelés esetén 45° és 60° közötti napkollektor dőlésszög szolgáltatja az optimális teljesítményt.

A napkollektoroknak több fajtáját különböztetjük meg, amelyek más-más hatásfokkal rendelkeznek.

- A lefedés nélküli, nem szelektív síkkollektor általában UV sugárzásnak ellenálló, fekete színű, műanyag vagy gumi anyagú csőjártatos lemezből készülnek. A gumi anyagúakat

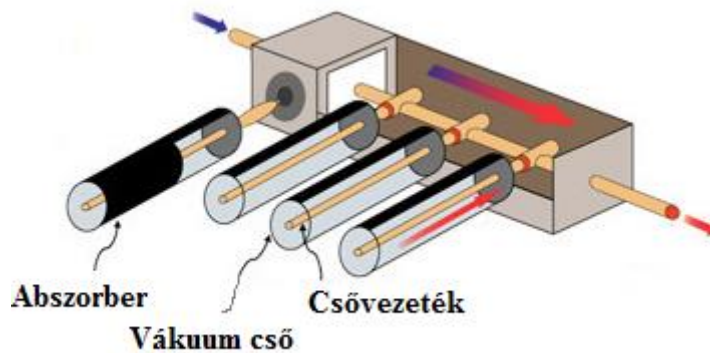
szokás szolárszőnyegnek is nevezni. Ezeknél a kollektoroknál nem alkalmaznak dobozást és lefedést.

- A nem szelektív síkkollektor általában egyszeres üveg vagy polikarbonát lemez fedésű, nem szelektív elnyelőlemezzel rendelkező kollektor. Ezeknek a kollektoroknak a szelektív kollektorokhoz képest alacsonyabb az optikai hatásfokuk, és az elnyelőlemez kisugárzása miatt nagyobb a hőveszteségük.
- A szelektív síkkollektor szelektív bevonatú abszorberrel, egyszeres üvegfedéssel készült kollektor, lásd 57. ábra. Kiforrott technológián alapszik, megbízható működésű. Az eddig értékesített napkollektorok közel 95%-a tartozik ebbe a csoportba.



57. ábra: A szelektív síkkollektor felépítése [15]

- A vákuumos szelektív síkkollektorból a levegőt a telepítést követően kiszivattyúzzák. A kollektorházban így kapott légüres térnek köszönhetően nő a kollektor hatásfoka, mivel nincs hővezető közeg, mely a sugárzásos hőátadást elvezetné.
- A vákuumcsöves kollektoroknál (58. ábra) az elnyelőlemezt egy olyan üvegcsőbe helyezik, melyből a levegőt már a gyártás során kiszivattyúzzák. Ezt követően ezekből a csövekből állítják össze a kollektormezőt. A vákuumcsöves kollektorok előnye a jó hőszigetelés, hátrányuk, hogy a napsugárzás nagyobb részét veri vissza, mint a síkkollektor.



58. ábra: A vákuumcsöves kollektorok felépítése [15]

A napkollektorokat leggyakrabban használati melegvíz készítés céljából gyártják. A szelektív síkkollektorok és a vákuumos kollektorok hatásfoka 60% körüli, a nem szelektív kollektorok hatásfoka 30-50%, a lefedés nélküli kollektoroké 15-25%. Nem szelektív kollektorokkal a szelektív kollektorokhoz képest 20-25%-kal kevesebb a hasznosított hőmennyiség. [16]

A napkollektorok hasznosítási lehetőségei

- Használati célú melegvízszolgáltatás.
- Fűtés kiegészítésére, valamint a fűtési rendszerben keringő folyadék előmelegítésére. Továbbá a levegős kollektoroknak átmeneti időszakban a levegő fűtésében lehet szerepük.
- Mezőgazdaságban a növényházak fűtése, gomba, fűszer zöldség, gyümölcs, gyógynövény, vetőmagvak szárítása, intenzív akvakultúrák, tehenészeti telepek melegvíz ellátása, borjúnevelők tejelőkészítése, sertésistállók padlófűtése
- Biogáz rendszerek hő- és melegvíz ellátása. [17]

A napkollektoroknál nagyobb mennyiségben hőenergiát előállító berendezések a naperőművek, amelyek koncentrálnak a napenergiát.

Alkalmazott típusai:

- Parabolikus teknők a napsugárzást egy csővezetékbe gyűjtik össze, amely a teknők gyűjtőpontjában van.
- Parabolatükrök a napot két tengelyen követik és a napsugárzást a tükör gyűjtőpontjában levő érzékelőre, vagy motorra koncentrálnak.
- Energiatornyok, amelyeket a Nap járását követő tükörmezők vesznek körül és a napsugárzást a központi toronyra szerelt tartályra koncentrálnak, lásd 59. ábra. A tartályban levegőt vagy nátriumot keringtetnek. Jelenleg az USA-ban, Kaliforniában, Mexikóban, Izraelben, Franciaországban, Németországban és Japánban működnek

naptorony-erőművek. Magasságuk 60-450 m közötti. A tükrök száma a 100-tól 2000-ig is terjedhet. Teljesítményük 60 kW és 500 MW közötti.



59. ábra: Naptorony-erőművek [18]

- A szélturbinákat tartalmazó napkémények körül nagy földterületet borítanak kör alakú üveg vagy műanyagszerkezettel. A kör alakú felület és a földfelszín között a levegő a napsütés hatására felmelegszik és a torony irányába áramlik, helyét átadva a perem felől érkező hideg levegőnek. A toronyban a meleg levegő megforgatja a turbina lapátjait és a turbinához csatlakozó generátor a mozgási energiát villamos energiává alakítja át. Ausztráliában tervezik megépíteni a legnagyobb termikerőművet, amelynek a kéménye 1 kilométer magas lesz.
- A naptó a napenergiából keletkező hőt tárolja úgy, hogy akadályozza a felmelegített vizet a felszínre jutásban. A tó alsó rétegében oldott só található, így ez a víz túl nehéz ahhoz, hogy a felszínre áramolhasson. A Texasban épülő El-Paso tó 3000 m² felületű, mélysége 3,5 m. Tapasztalataik szerint a naptóval köbméterenként átlagosan 1,3 kWh elektromos és 48,5 kWh fűtési energia állítható elő. [19]

7.3.2 Fotovillamos hasznosítás

A napelemek a fénysugárzás energiáját képesek közvetlenül villamos energiává, azaz elektromos árammá alakítani.

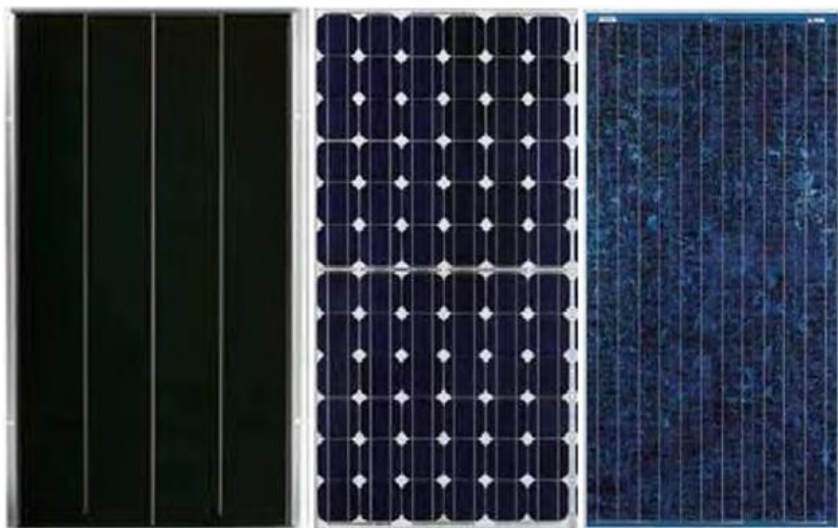
A szolárcellák két fajta anyagot tartalmaznak, ezeket gyakran p-típusú és n-típusú félvezetőknek nevezzük. Bizonyos hullámhosszúságú fény képes a félvezető atomjainak ionizációjára, ezáltal a beeső fotonok többlet töltéshordozókat hoznak létre. A pozitív

töltéshordozók (lyukak) a p-rétegben, míg a negatív töltéshordozók (elektronok) az n-rétegben lesznek többségben. A két ellentétes töltésű réteg töltéshordozói habár vonzzák egymást csak egy külső áramkörön keresztül áramolva képesek rekombinálódni, a köztük lévő potenciál lépcső miatt.

A napelem beépítése kétféle lehet, fix vagy napkövető fajta, míg technológiájuk alapján két fő csoportba lehet sorolni, a kristályos és a vékonyrétegű napelemek csoportjába. A kristályos napelemek a legkiforrottabb és a legelterjedtebb technológiának számítanak.

A napelemek típusai

- A napelemek a kristályos technológia esetén nagy tisztaságú szilícium cellákból épülnek fel, melyek sorba kötve és vízmentesen egy üveglap és egy műanyag hátlap közé laminálva kerülnek gyártásra. A cellák gyártási technológiája alapján megkülönböztetünk monokristályos és polikristályos cellákat. A különbség a két technológia között a szilícium tömbök előállításában van, amiből a cellákat vágják. A monokristályos szilíciumot elektromos térben húzzák ki henger alakúra és a szilícium egy tömbben dermed meg. A polikristályos cellákat pedig négyzet alapú tömbökbe öntik, eközben a szilícium több kristályban dermed meg. A polikristályos négyzet, a monokristályos nyolcszög alakú cellákkal rendelkezik. Az egyes kristályos napelemek típusai az 60. ábrán láthatók.



60. ábra: Amorf, monokristályos és polikristályos napelemek [20]

- Vékonyrétegű technológiák esetében a félvezető réteget kémiai vagy fizikai lecsapatással közvetlenül az üvegre, vagy akár más hordozó felületre viszik fel, néhány mikron vastagságban. A CuInSe_2 , CdTe , CuGaSe_2 , GaAs a napelem-készítésben leggyakrabban alkalmazott anyagok, melyekből elegendő néhány μm -es vastagság is a

fény teljes abszorpciójához. A halvány csíkok utólagos, lézerrel történt bevágások a filmrétegen, amely a kedvezőbb Volt-Amper arány beállítása miatt szükséges.

A jelenleg forgalomban lévő monokristályos napelemek 14-18% hatásfoka a legjobb, míg a polikristályos napelemeké 12-15%, és a vékonyréteg napelemek hatásfoka 5-8% között mozog. A modern kutatások szerint a napsugárzás koncentrálásával, azaz a többfotonos technológia, vagyis apró lencsék alkalmazásával a hatásfok elméletileg 66%-ra növelhető laboratóriumi körülmények között.

A napelemek esetében is fontos a megfelelő dőlésszög és tájolás. Magyarországon déli tájolást és 40°-os dőlési szöget szokás megadni. Az sem mindegy, hogy hol milyen napelemtípust alkalmazunk. Forró égővben a monokristályos modulok kicsit jobban teljesítenek, míg északon a polikristályos a kedvezőbb.

A vékonyrétegű napelemeknek kisebb a hatásfokuk, így családi házak tetejére nagyon ritkán kerülnek, mert nagyobb a területi igényük a kristályos napelemekhez képest. Inkább erőművi (földre telepített) alkalmazásuk gyakoribb. A vékonyrétegű napelemeknek jobb a hőmérsékleti együtthatója, így főként a sivatagos, nagyon meleg környezetben (tehát nem Közép-Európában) van előnye, mert a nagy melegre kevésbé érzékenyek, mint a kristályos napelemek.

A napelemek legfontosabb alkalmazási területei [17]:

- lakossági villamosenergia termelés,
- hálózattól távoli telepek, farmok, épületek, istállók, raktárak villamosenergia-ellátása,
- öntöző és vízszivattyús (belvíz) rendszerek energia ellátása,
- az állattartó telepek vízellátása, az itatók jégmentesítése,
- haltenyésztő telepek vizének keringtetése,
- a villanypásztor üzemeltetése,
- közlekedési.

A napelemes energiarendszerek két csoportját különböztethetünk meg, valamint azok kombinációját:

- Szigetüzemről akkor beszélünk, ha a villamos energiát napelem modulokkal termeljük, és az energiát akkumulátorokban tároljuk. A fogyasztókat ennek segítségével elláthatjuk akár 12V, vagy 24 V egyenfeszültséggel. Amennyiben szükség van rá, inverter segítségével akár ~230V feszültségű fogyasztókat is üzemeltethetünk. Jellemző megoldási módja a szigetüzemnek például olyan tanyák villamosítása, amelyek messze esnek a közcélú villamos energia hálózattól.
- Hálózati visszatáplálásról akkor beszélünk, ha a napelemek által szolgáltatott feszültséget közvetlenül váltakozó feszültséggé alakítjuk át és így látjuk el a fogyasztókat. Amikor viszont nincs fogyasztás, akkor az arra alkalmas inverter

segítségével a hálózatra táplálunk rá. A hálózati visszatáplálás jellemzően a családi házaknál valósul meg. Ha többlet energia termelődik, akkor azt vissza lehet táplálni a hálózatba. Az energiát egy erre a célra kialakított (kétirányú) speciális mérőóra számlálja. Az áramszolgáltatók kötelesek átvenni a zöldenergiát.

7.3.3 Napenergia passzív hasznosítása

A napenergia passzív alkalmazása elsősorban az épületekben való hasznosítást jelenti. Az épületek hőháztartásának – napenergia-hasznosítással történő – optimalizálására számos eszköz jöhet szóba.

Ezek közül is kiemelhetjük a tájolást, a határoló felületek energiatudatos formálását, valamint a réteges falszerkezetek kialakítását. Az így kivitelezett épület jelentős fűtési energiamegtakarítást tesz lehetővé a hagyományos épülethez képest.

Alapvető tervezési szempont, hogy a lakóépületekben a legnagyobb fűtési igényű szobákat a napsugárzásból nyerhető energia és fény miatt D-DK-K-i irányba tájoljuk. Ugyanakkor a kisebb fűtési igényű helyiségekkel szigetelni, védeni célszerű a nagy fűtési igényűeket. A passzív napenergia-hasznosítás főként az átmeneti időszakokban működik, vagyis akkor, mikor a külső hőmérséklet miatt az épületen már/még hőveszteség keletkezik, de a napsugárzás még/már jelentős. A passzív napenergia-hasznosítás hatásfoka 15-30%.

A direkt rendszerek az ablakfelületen keresztül a helyiségbe bejutó napsugárzást közvetlenül hasznosítják. A felületek felmelegsznek, a hő egy részét átadják a levegőnek, más részét pedig magukban tárolják.

A direkt rendszerek típusai:

- A tömegfal elve, hogy a napsugárzást egy üvegtábla mögött elhelyezett nagytömegű fal gyűjti össze, és a hőt ez adja át a helyiség levegőjének. A Trombe-fal a tömegfal továbbfejlesztett változata. Itt a hő tárolást árnyékoló redőny segíti, a hőeloszlást és a levegő áramlását pedig a fal alján és tetején csappantyúkkal lezárható szellőzőnyílások biztosítják.
- A naptér, az épület fűtött helyiségeihez csatlakozó, a külső környezettől nagyméretű üvegfelülettel elválasztott, direkt besugárzású tér. A napenergiát az alsó födém és a hátsó (épület felőli) fal tárolja. Naptér alkalmazásával az éves fűtési energia megtakarítás akár 30%-os is lehet.
- A transzparens (átlátszó) hőszigetelésű épületeket passzív fűtésű épületnek is szokás nevezni, mert a jó hőszigetelés és a besugárzás együttes hatásaként gyakran nincs szükség hagyományos fűtésre. Az átlátszó hőszigetelés a direkt vagy szórt napsugarakat átengedi, de a hideg felület felé terjedő hőáramokat csökkenti. [21]

7.3.3 Napenergia hasznosítás nemzetközi és hazai helyzete

- Nemzetközi helyzet

Kiemelkedő növekedést mutatott 2011-ben a napenergia hasznosítás világszerte. Összesen 27,4 GW-ot ért el az újonnan telepített napelemek teljesítménye, amely 40%-os növekedést jelent az előző évhez képest. A globális napelem kereslet 74%-át Németország, Olaszország, Kína, az Egyesült Államok és Franciaország adta.

Igen erőteljes a technikai, technológiai kutatás-fejlesztési tevékenység. A közeljövőben a gyártott napelem típusok 50%-a amorf/micromorf szilícium alapanyagú lesz. A szilícium-ellátás viszonyai is javulnak. A felhasználható alapanyag mennyisége mintegy 80%-kal fog növekedni. A vékony-rétegű cellák részarányát növelve, és a polysilicon alapanyag helyett a metallurgical silicon anyagok fokozott alkalmazásával az elkövetkező években mintegy 10%/év árcsökkenésre van kilátás.

A létesített és tervben lévő napelemparkok mindig nagyobb és nagyobb méreteket öltenek. Az egyik kiemelkedő a nemrégiben Indiában létesített 600 MW-os napelemes park, amelyet csatlakoztattak az indiai elektromos szolgáltató hálózathoz. Japánban a közeljövőben egy 70 MW összteljesítményű, 290 ezer napelemből álló parkot hoznak létre, amelyet egy 314 hektáros területen állítanak fel. De ugyanígy Tunézia déli részén egy 2 GW-os naperőművet építenek, amelyet a tervek szerint csatlakoztatnak az európai elektromos hálózathoz, így villamosenergiát exportálnak. Napelemparkot terveznek Szerbiában is, amelyet 3 ezer hektáron, 2015-ig építenek majd fel.

Az USA-ban is komoly keresletnövekedés történt, így a fotovillamos gyártó vállalatok száma az utóbbi 2 évben 30-ról 100-ra növekedett.

Japán kormánya 2008-ban úgy határozott, hogy az ország teljes fotovillamos erőművi kapacitását 2020-ig 14 GWp-re, 2030-ig pedig 52 GWp-re növeli. A nemzetközi fotovillamos piacon Japán vezető szerepre törekszik. A vékony-rétegű cellák forgalmazása és alkalmazása az egyik fő fejlesztési irány Japánban.

A nap-hőerőművek is elsősorban a kedvező napsugárzási viszonyokkal rendelkező országokban terjednek. A Napból érkező sugárzást koncentráló nap-hőerőművek globális piaci forgalma 2020-ra - várhatóan - 125 GWth/év lesz. Erőteljesen növekszik a nem hálózatra-kapcsolt üzemű nap-hőerőművek iránti kereslet is.

Az USA Nevada államában 250 MWth kapacitású, parabola-vályús energiagyűjtővel üzemelő nap-hőerőmű létesült 2010-ben. Californiában és a dél-nyugati területeken három - moduláris felépítésű - nap-hőerőművet létesítettek 2011-ben mintegy 500 MWth kapacitással.

Kínában folyamatban van egy napkövető heliosztátokkal működő energiagyűjtős torony, építése kísérleti céllal, a nap-hőerőmű várható teljesítménye 1,5 MWth lesz.

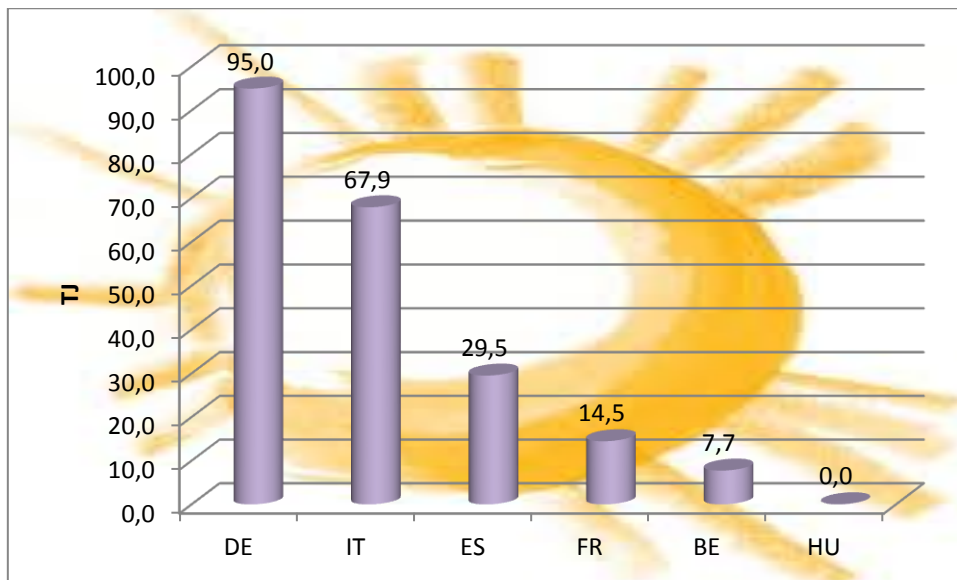
Etiópia - az Egyesült Nemzetek felmérése szerint - a Világ egyik legszegényebb országa. A 80 milliós lakosság csupán 13%-a részesülhet villamosenergia-ellátásban, a távoli területein pedig kb. 1%-a. Megoldást a kunyhókra felszerelhető fotovillamos berendezések jelenthetik. A vízellátás komoly problémáinak megoldására, helyi szivattyúk meghajtására már fotovillamos egységeket telepítettek.

Ezzel párhuzamosan az EU-s tagállamokban is egyre növekszik a napenergia hasznosítás. A 2011-es KSH adatok szerint Németországa a vezető szerep, ahol már több mint 1 millió napkollektoros rendszer van üzemben. A kollektor-gyártó vállalatok száma 100 felett, a kivitelezőké mintegy 4000. A jövőben a lakó- és középületek melegvíz- és hőellátásának legalább 10%-át napenergiából kívánják fedezni. 2008-ban mintegy 2 millió m² felületű napkollektoros rendszert telepítettek. Körülbelül 20 000 embert foglalkoztat ez az iparág. A fototermikus napenergia hasznosításának köszönhetően Németországban évi 1,2 millió tonna CO₂-kibocsátása válik elkerülhetővé. Jelenleg a hőenergia-termelés kevesebb, mint 1%-át adják a napkollektorok, de 2050-re 30% körüli arányt becsülnek a szakértők.

Németország a fotovillamos energiatermelésben is élen jár Japánt is megelőzve. Gyártó kapacitása magas, több mint 80 gyártó vállalattal, és mintegy 7000 kivitelező céggel rendelkezik. A globális fotovillamos piac 34%-át fedik le. A kutatásfejlesztés területén is vezető szerepe van, a Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems /Freiburg/ a világ legnagyobb, 41,1% hatásfokú szolár fotovillamos celláját fejlesztette ki. Anyaga: GaInP/Ga/NAs/Ge metamorf kombináció.

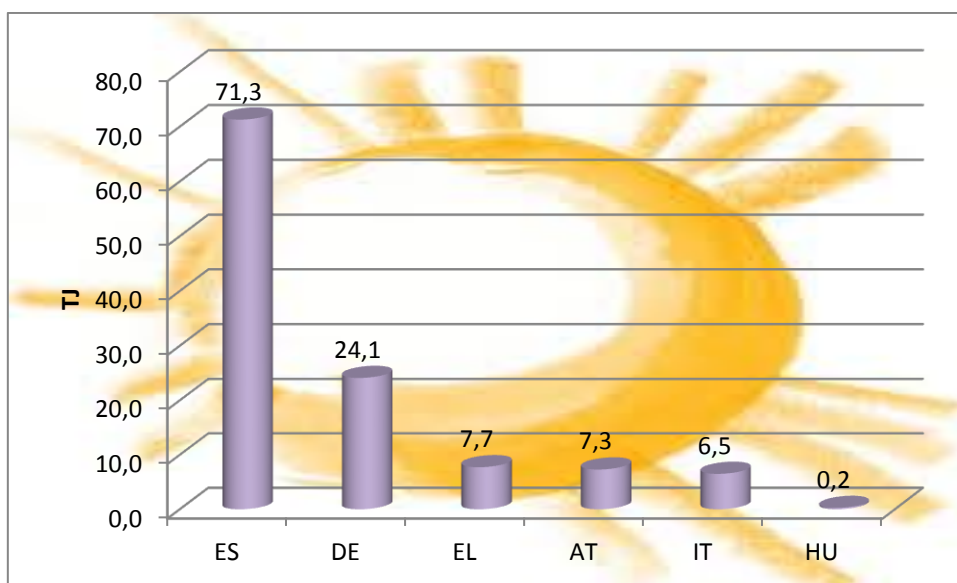
A megújuló energiák hasznosításának nagy mértéke Németországban az erős politikai nyomásnak, s a gazdasági ösztönzésnek köszönhető. A 2000-ben életbelépett Megújuló Energia Törvény (EEG-Erneuerbare Energie Gesetz) garantálja a megújuló energiaforrásokkal hálózatra termelt elektromos energia átvételét. A törvény módosítása során a hálózatra betáplálásért fizetett átvételi díjat többször megemelték, és teljesítménycategóriák szerint differenciálták.

A fotovillamos rendszerek elterjedésében a magas átvételi ár mellett az állami támogatási programok, mint pl. a 100 000 tetőn való telepítést támogató program, mely kedvező kamatozású hitelek felvételét teszi lehetővé, szintén fontos szerepet játszottak.



61. ábra: Az EU öt vezető fotovoltaikus napenergia hasznosító országa és Magyarország 2012-ben [22]

Ausztria ugyancsak kiemelkedő eredményeket ért el a napenergia hőhasznosítása terén. Pl. Graz város önkormányzata célul tűzte ki, hogy a hőigény 40%-át napenergiából fedezi. [23]



62. ábra: Az EU öt vezető fototermikus napenergia hasznosító országa és Magyarország 2012-ben [22]

A napsugárzás időszakossága miatt, a folyamatos ellátás biztosítása csak hőtárolók alkalmazásával oldható meg. A hőtárolás hagyományos módja a tartályban való szezonális melegvíz-tárolás. Az utóbbi években számos új hőtárolási módszer került kidolgozásra: a fázisváltó anyagokban való hőtárolás, a szorpciós hőtárolás /zeolit, szilika-gél anyagokkal/, kémiai hőtárolás /nátrium-karbonát, magnézium szulfát alkalmazásával/. A latens /só-bázisú/ hőtárolás alkalmazásával nap-hőerőmű 7,5 órás éjszakai üzemeltetését sikeresen megoldották Spanyolországban.

- Napenergia magyarországi hasznosítási tendenciája

Magyarországon becslések szerint 2009 végén összességében 110-120 000 m² körüli volt a beépített napkollektor-felület. A telepített napelemek teljesítményét a szakértők 650 kWp körüli értékre becsülik.

A kötelező átvételi rendszer (KÁT) kiemelt átvételi árára csak az 50 kVA-nál nagyobb teljesítményű rendszerek tulajdonosai jogosultak. A kisebb, „háztartási méretű kiserőmű” kategóriájába sorolt rendszerek esetében az áramszolgáltató éves szaldós elszámolást alkalmaz, tehát a napelem által megtermelt energiamennyiséget levonja az éves fogyasztásból. Így a megtermelt energiáért a lakossági vételi árat kapjuk. Ha azonban több villamos energiát kívánunk visszatáplálni, mint amennyit az adott csatlakozási ponton vételezünk, azt az áramszolgáltató ugyan átveszi, de csak a vételezett villamos energia átlagára és a rendszerhasználati díj összegének 85%-át fizeti ki érte. [24]

Magyarországon, a felszínre érkező napsugárzás szempontjából az európai átlagot tekintve kedvező helyzetben vagyunk. Az éves napsütésese órák száma 1900-2200 között van, a beeső napsugárzás éves összege átlagosan 1200 kWh/m². Az Alföldi területek a legkedvezőbbek, míg a hegyvidéki területek vannak a legrosszabb helyzetben ebből a szempontból.

Jelenleg Magyarországon a napenergia termikus hasznosítása a leginkább elterjedt. A becslések alapján a napkollektorok telepítésére alkalmas felületek nagyságrendje:

- lakóházak: 31,9 millió m²,
- hivatalok, középületek: 300 ezer m²,
- kempingek, külső területek: 50 ezer m².

Ezek alapján a következő évtizedben hasznosítható felület: 32,25 millió m². Ily módon hazánk teljes aktív szoláris termikus potenciálja: 48,8 PJ/év. Ezek alapján a lakossági és intézményi melegvíz-igény ellátásában az éves fogyasztás 60-70%-a lenne fedezhető napenergiából. A legnagyobb sugárzási időszakban, a kempingek, szállodák, panziók esetén a szezonális hasznosítás hatásfoka elérheti a 90%-ot is, ezért ilyen létesítményekben a legjobbak az alkalmazás lehetőségei. [25]

Klíma viszonyaink miatt az üvegházaink teljes energiaszükségletének 85-88%-át mesterséges fűtéssel kell biztosítani. Ily módon a mezőgazdaság teljes energiafelhasználásának 1-2%-át fordítják növényházak fűtésére. A becsült növényházi napenergia-potenciál értéke: 1,27 PJ/év.

A mezőgazdaság teljes energiafelhasználásának mintegy 20%-át fordítják szárításra. Ezen belül a szárításra felhasznált energiahordozók megoszlása a teljes mezőgazdasági energiafelhasználásból: villamos energiából kb. 10%, földgázból 30-50%, olajból 10-15%. A

szárításra hasznosítható napenergia-potenciál becslött értéke: 3,44 PJ/év. A technológiai melegvíz készítésére felhasználható napenergia-potenciál becslött értéke 11,2 PJ/év.

A becslések alapján számított hazai fotovillamos potenciál (486 mrd kWh=1749 PJ/év) villamosenergia-termelési lehetősége az ország jelenlegi éves villamosenergia-fogyasztásának több mint 12-szerese.

Mivel hazai épületállományunk egészére vonatkozóan a napenergia passzív (építészeti) hasznosításának mértékére nincsenek adatok, a hazai passzív szoláris potenciál mértéke csak közelítően becsülhető. Az új és nagymértékben felújított épületek esetében a jelenleginél nagyobb szoláris részarány érhető el, ezenkívül léteznek olyan, utólag is alkalmazható módszerek, amelyekkel a szoláris energiahozam meglévő épületeknél is növelhető. Új épületek esetében az elérhető növekedés 1,8 PJ/év, a hatékonyan felújítható meglévő épületek esetén mintegy 36 PJ/év. Ez összesen 37,8 PJ/év potenciált jelent.

7.3.4 Napenergia hasznosítás környezeti hatásai

A napkollektorokkal és napelemekkel történő energiatermelés esetében a teljes életciklust vizsgálva a káros hatások rendkívül kis mértékűek, amelyek főképpen előállításuk során léphetnek fel. Kisebb mértékben az üzemeltetés során a szabadon telepített típusok esetében jelentkezik, területfoglalás, talajtömörítés, vegetáció és élőhely csökkenés vagy a fagyálló folyadék természetbe való kijutása révén.

A 16. táblázat a napenergia hasznosítás lehetséges terhelésének mértékét érzékelteti.

16. táblázat: A napenergia-felhasználás negatív környezeti hatásainak mértéke [26]

Terhelés	Központi napkollektor	Helyi napkollektor	Központi napelem-	Helyi napelem
Vizuális hatás	++	+	++	+
Vegyszerek rendszeres vagy baleset miatti kibocsátása	+	++	+++	+++
Területfoglalás	++	+	++	+
Munkabiztonság és higiénia	++	++	++	++
Hatás az ökoszisztémára	+		+	
Hatás a vízháztartásra	++	+	+	+

A napelemek 90%-ban szilíciumból készülnek, elengedhetetlen, hogy az alapanyag megfelelő minőségű legyen. Korábban a napelem ipar a félvezetőipar hulladékát hasznosította. Ma azonban már akkora mennyiségű alapanyagra van szükség, hogy nincs elegendő hulladék, ezt a hiányt nevezik szilícium-ínségnek. Az utóbbi években megoldásként a napelem ipar félvezető gyárakat hozott létre. A szilíciumot kvarchomokból (SiO_2) kezdték előállítani, melyet kvarchomokbányákból bányászták. Ilyen minőségű alapanyagot azonban nem lehet bármilyen homokból előállítani, amely drágítja az eljárást. Emellett előállításuk erősen energiaigényes folyamat.

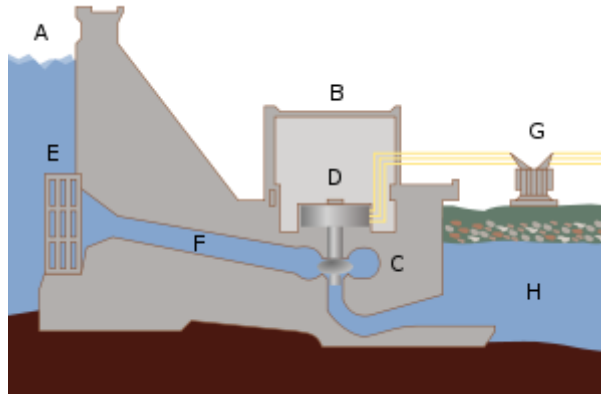
Az energiahasznosítás során mindig arra törekszünk, hogy a befektetett energia minél kisebb, a kinyerhető energia minél nagyobb legyen. A passzív napenergia hasznosítás ezt nagyon jól segíti, hiszen csupán megfelelő tervezés és tájolás alkalmazásával alacsonyabb lesz a fűtési és hűtési igény, anélkül hogy plusz anyag vagy energiabefektetést tennénk az építkezés során.

Környezetkímélő építőanyagok alkalmazásával tovább fokozhatjuk a környezettudatos építkezést. Ilyen anyagok a bazalt és kőzetgyapot, vagy a fa. Az épületek energiamérlegében az építőanyagok gyártása – nem újrahasznosított anyagok beépítése - az energiafelhasználás nagy részét teszi ki. Az építési területen törekedni kell a minél kisebb környezeti beavatkozásra, beleértve a talajszerkezetet, a területen lévő faállomány megtartására kell törekedni, hiszen ez nem csak természetvédelmi kérdés, mivel a lombhullató növényzet nyári túlmelegedés ellen - árnyékolóként - hővédelmi feladatot is képvisel.

7.4 Vízenergia hasznosítás

7.4.1 Technológiai megoldások

A vízienergiát leggyakrabban egy gáttal elrekesztett folyó vagy patak vizének felhasználásával vízturbinák és elektromos generátorok nyerik ki és villamosenergia formájában szállítják el. Ebben az esetben a hasznosított energia mennyisége az átömlő víz mennyiségétől és a víz forrása és a víz kilépési helyének magasságkülönbségétől függ. Ezt a magasságkülönbséget esésnek nevezik. A potenciális energia egyenesen arányos az eséssel. A rendelkezésre álló esés jó kihasználása különleges csővezetékekkel és turbinakonstrukciókkal oldható meg, lásd 63. ábra.



63. ábra: Vízerőmű vázlata [27] (Jelmagyarázat: A-víztározó, B-gépház, C-víturbina, D-generátor, E-vízbevezetés, F-frissvíz csatorna, G-villamos távvezeték, H-folyó)

A hasznosítható esés szerint a vízerőműveknek három típusát különböztetjük meg:

- Kis esésű vízerőmű (64. ábra)
 Esés: <15 m
 Vízhozam: nagy
 Felhasználás: alaperőmű (teljesítmény kihasználás >50%)



64. ábra: Kis esésű vízerőmű [28]

- Közepes esésű vízerőmű
 Esés: 15-50 m
 Vízhozam: közepes-nagy
 Felhasználás: alaperőmű, közepes kihasználás (30-50%)
- Nagy esésű vízerőmű (65. ábra)
 Esés: 50-2000 m
 Vízhozam: kicsi
 Felhasználás: csúcserőmű (kihasználás <30%)



65. ábra: Nagy esésű vízerőmű [29]

Beépítés szerinti osztályozásuk:

- Folyóvizes erőmű: Folyóra vagy patakra telepített elektromos energiát előállító vízerőmű.
- Tározós erőmű (csúcserőmű): Magasan fekvő víztározóba kis vízhozamú folyó vizét felduzzasztják és csak a villamosenergia fogyasztási csúcsokon helyezik üzembe a vízturbinát.
- Szivattyús-tározós erőmű: Az alacsonyabb szinten lévő folyóból (tározóból) egy magasabban fekvő tározóba szivattyúzzák fel a vizet olcsó elektromos energia felhasználásával (csúcsidőn kívül). Majd csúcsidőben magas áron értékesíthető elektromos energiát termelnek úgy, hogy a felső tározóból vízturbinán keresztül áramoltatják a vizet az alsó tározóba.
- Földalatti erőmű: Nagy esésű vízerőművet a föld alá telepítik, azaz az üzemvíz csatornát alagutakban vezetik, s az egész gépházat is a föld alá rejtik.
- Árapály erőmű (66. ábra): A tenger árapályjelenségéből adódó vízszintkülönbségek hasznosítására telepített speciális vízerőmű.



66. ábra: Árapály erőmű [30]

- Hullámerőmű (67. ábra): A tenger hullámzásának energiáját hasznosító erőmű.



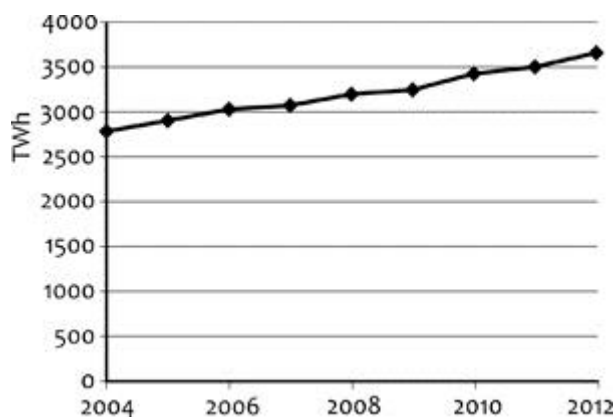
67. ábra: Hullámerőmű [31]

- Tengeráramlat erőmű Kísérleti jelleggel épített erőmű erős tengeráramlatok kinetikus energiájának hasznosítására.

7.4.2 A vízenergia hasznosítás nemzetközi és hazai helyzete

- Nemzetközi helyzet

A világ vízerőművei által termelt energia mennyisége évről évre nő, lásd 68. ábra. A vízenergia részesedése a világ teljes villamosenergia-termelésében 16,3% volt 2012-ben. [32] Az arány az elmúlt években lassan nőtt, és a tendencia várhatóan erősödik.



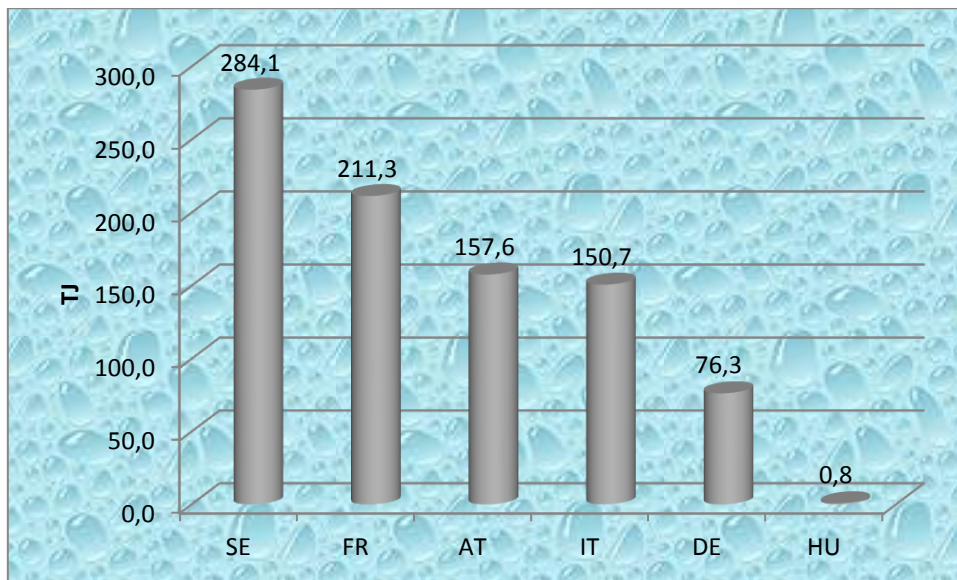
68. ábra: A világ évenkénti vízenergia-termelése [33]

Bár a nagy vízerőművek dolgozzák fel a legtöbb vízienergiát, a kis vízerőművek (5 MW teljesítményig) jelentősége is nagy, ezek különösen népszerűek Kínában, ahol a világ kis vízerőmű kapacitásának több mint 50%-a üzemel.

A ma használt három fő vízturbina típus, a Pelton, Francis és Kaplan turbinák teljesítménye az elmúlt évszázadban látványosan növekedett. Ezzel, és az építési technikák egyidejű fejlődésével lehetővé vált nagy vízerőművek létesítése is.

Európában a folyók kisebbek, és bár ma is épülnek jelentős új folyami vízerőművek, a tevékenység súlypontja áthelyeződött az évtizedekkel ezelőtt létesített erőművek modernizációjára. A folyami vízerőműveken kívül 5 nagy teljesítményű szivattyús tározó erőművet is építenek. [34]

Európában a gazdaságosan kihasználható vízenergia-potenciálnak már több mint 60%-a használat alatt van [35;36], mégis épülnek jelentős új folyami vízerőművek.



69. ábra: Az EU öt vezető vízenergia hasznosító országa és Magyarország 2012-ben [22]

Dél-Amerika, Afrika és Ázsia gazdaságosan kihasználható vízenergia-potenciáljának azonban még 20%-a sincs kihasználva, így a közeljövőben várható fejlesztések jelentős hányada ezeken a kontinenseken várható.

- Hazai helyzet

Magyarországon a Bós–nagygyarosi vízlépcső lett volna a legnagyobb ilyen jellegű építmény, bár környezet- és ivóvízvédelmi okokból nem az eredeti tervek szerint épült meg.

A századfordulón néhány vízimalmot törpe vízerőművé alakítottak át, amelyek csak elektromos energiát termeltek (a Gyöngyös-patakon, a Pinkán, a Kis-Rábán, a Répcén, a Lajtán és a Sédén).

Hazai vízerőművek: a Kiskörei Vízerőmű, a Tiszai Vízerőmű (Tiszalök), az Ikervári Vízerőmű (1896), a Kenyeri Vízerőmű [2] (2008), a Körmendi Vízerőmű (1930), a Csörötneki Vízerőmű (1909), a Kesznyéteni Vízerőmű (1943), a Felsődobszai Vízerőmű (1906), a Gibárti Vízerőmű (1903), az Alsószölnöki Vízerőmű, a Pornóapáti Vízerőmű (1920) és a Kvassay Vízerőmű.



70. ábra: Vízerőművek Magyarországon [36]

7.4.3 A vízenergia hasznosítás környezeti hatásai

A víz energiájának hasznosítása során a vízerőmű teljes élettartama alatt rendkívül kis mennyiségű üvegházhatást okozó gáz kibocsátása történik a környezetbe. Az UNESCO által létrehozott International Hydropower Association szerint a vízenergia hasznosítása során fellépő káros környezeti hatások a következők lehetnek [37]:

- szárazföldi élőhelyek elárasztása,
- vízjárás változás,
- vízi élőhelyváltozás,
- vízminőség változás,
- időleges változás a tápláléklánokban,
- egyedek és populációk számának változása,
- halak vándorlásának korlátozása.

7.5 Biomassza

A biomassza fogalma a 2010. évi CXVII. törvényben került megfogalmazásra. A „biomassza: a mezőgazdaságból – a növényi és állati eredetű anyagokat is beleértve, erdőgazdaságból és a kapcsolódó iparágakból, többek között a halászatból és az akvakultúrából – származó, biológiai

eredetű termékek, hulladékok és maradékanyagok biológiailag lebontható része, valamint az ipari és települési hulladék biológiailag lebontható része”.

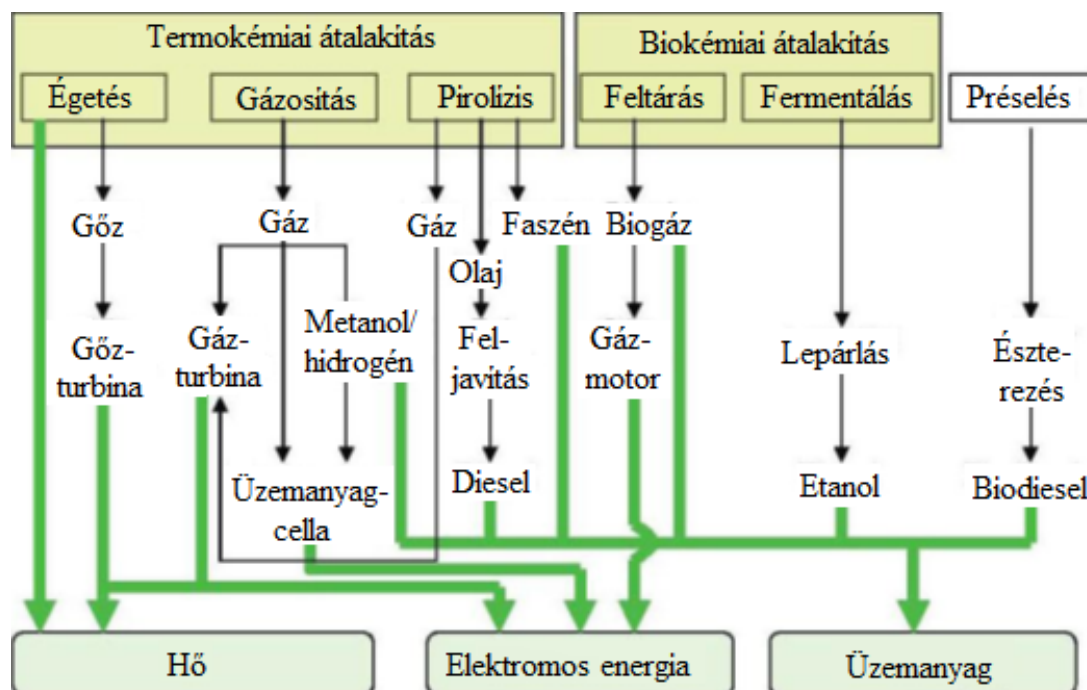
A biomasszának 3 nagy csoportját különböztetjük meg, úgy mint:

- elsődleges (primer) biomassza: növények, növényi részek, melyek lehetnek melléktermékek vagy főtermékek,
- másodlagos (szekunder) biomassza: állati zsírok, fehérjék, szénhidrátok,
- harmadlagos (tercier) biomassza: primer és szekunder biomasszák feldolgozási hulladékai, keverékei, (pl. állati eredetű trágya, kommunális szerves hulladékok, stb.).

7.5.1 Biomassza hasznosítás technológiai lehetőségei

A biomassza energetikai hasznosítása termokémiai és biokémiai átalakítási technológiákkal történhet, amelyek hasznosítható végterméke 4 féle lehet (71. ábra):

- hőenergia (fűtés-hűtés, használati melegvíz ellátási céllal),
- villamosenergia (elektromos világítás, termikus, motorikus energiaellátás),
- kapcsolt villamos és hőenergia (erőművi szintű elektromos és hőenergiaellátási céllal),
- üzemanyag, járművek hajtóanyaga (biogáz, biometán, olaj, biodízel, bioetanol).



71. ábra: A biomassza energetikai hasznosítása [38]

- Tüzelés

A biomassza legegyszerűbb, ősidők óta alkalmazott felhasználási módja, a közvetlen tüzelés. A tüzelőanyagban (fahulladék, faapríték, tűzifa, brikett) található C, H és egyéb éghető anyagokat oxidálva égéstermékek keletkeznek és hőenergia szabadul fel.

A legjobb hatásfokkal a tűzifa tüzelhető, míg az erdészeti- és mezőgazdasági melléktermékek kicsi térfogatsűrűsége miatt magas a szállítási költség és nehéz a tüzelőrendszerbe való betáplálás. Ebben az esetben energetikai tömörítvényekként alkalmazhatjuk őket, ilyen energetikai tömörítvények a bálázás, pellettálás és brikettálás.

A tüzelés egyik technológiai megoldása a pirolízis, amely során a szerves anyagokat, a teljes elégetéshez elegendő levegő hiányában, 450-600°C-ra hevítik. Ilyen körülmények között a szerves anyagok, az atomok gyors mozgásának következtében szétesnek. A folyamat során szerves gőzök, gázok és faszén keletkezik. A szerves gőzök kondenzációjával nagy energiatartalmú olajok nyerhetők, valamint a pirolízis során keletkező gázok is jól hasznosíthatóak energiaforrásként.

Másik megoldás a biomassza gázosítása, amely zárt térben és magas hőmérsékleten történik, így a szilárd biomasszából éghető gáz nyerhető. A keletkező gázkeverék alkotói: CO, CO₂, H₂, metán, vízgőz, nitrogén, valamint kevés szén, hamu és kátrány.

A folyamat során melléktermékként keletkező bio-olajok jól használhatók fosszilis energiahordozók helyett hő, elektromos energia, valamint különböző kémiai anyagok előállítására. A közlekedésben történő alkalmazása is jó úton halad, de még további kutatásokat igényelnek.

A szuperkritikus gázosítás 221 bar feletti nyomású és 374°C feletti hőmérsékletű víz segítségével történik. Ilyen körülmények között a víz oxidáló hatásúvá válik és megváltoztatja a szubsztrát szerkezetét, a vízmolekulák O atomjai a szubsztrát C atomjaival CO₂-ot, valamint a víz és a szubsztrát H atomjai hidrogéngázt képeznek. A biomassza szuperkritikus vízzel történő kezelésével a szerves anyagok hajtóanyagokká alakíthatóak és szobahőmérsékletre történő hűtéssel könnyen elválaszthatók a vízfázistól. Az előállított magasnyomású gáz, igen gazdag hidrogénben. [39]

- Biogáz

A biogáz-előállítás egy olyan biokémiai eljárás, ahol a lebomló szerves anyagok alkotóinak feldolgozása élő mikroorganizmusok segítségével történik. A biogáz képződés körülményeit az anaerob (oxigénmentes) lebomlás jellemzi, az eljárás számára elsősorban a közepes (30-37,5°C) hőmérséklettartomány kedvez. Hasonló anaerob lebomlás termofil mikroorganizmusokkal is végbemegy, mégpedig gyorsabban, mint mezofil tenyésztettel. Azonban az anaerob bomlás nem exoterm, hanem endoterm folyamat, ezért a lebontandó

anyagtömeg melegítésére van szükség, amelynek gazdaságossági hatásai miatt a mezofil lebontás előnyösebb.

A biogáz-képződés teljes folyamata alapvetően két szakaszra osztható:

- Az első egy fermentációs biokémiai folyamat (savas erjedés), amely nagy molekulájú szerves anyagok lebontását, feltárását jelenti. A lebontást savképző baktériumok és gombák (tejsav, propionsav és vajsavbaktériumok) végzik.
- A második szakaszban további baktériumcsoportok az egyszerűbb molekulákat építik le. Így ezek a baktériumok a szerves anyagokat oldható zsírsavakra, alkoholokra, széndioxidra, hidrogénre, hidrogén-szulfidra bontják. [40]

A keletkező biogáz 50–70%-ban metánt, 30–50%-ban széndioxidot tartalmaz. Hasznosításuk leggyakrabban kapcsolt hő- és elektromosenergia termeléssel történik.

- Bioüzemanyagok

A biomassza alapú motorhajtóanyagokat három nagy csoportra bonthatjuk:

a. Első generációs motorhajtóanyagok

- Nyers növényi olajok

A növényi olaj Magyarországon elsősorban repceből ill. napraforgóból állítható elő. A világon azonban ennél nagyobb a választék: szójaolaj, pálmaolaj, gyapotolaj, kókuszolaj, olivaolaj, lenolaj. Az olajnövény magjából 25-30%-ban nyerhető ki olaj. A kinyerés préssel/sajtolással, magas nyomáson történik. Nyers formában a növényi olaj motorhajtóanyagként nehezen használható fel. Ennek magyarázata az, hogy gyulladáspontja magas (250-320°C), ezért nehezen gyújtható, viszkozitása nagy, tehát nehezen porlasztható, és alacsony hőmérsékleten gyorsan dermed. [41]

- Biodízel

A nyers növényi olajok vegyi átalakításával a hagyományos motorok üzemeltetéséhez is felhasználható hajtóanyagot állítanak elő. Ugyanakkor a növényi olajok motorüzem szempontjából kedvezőtlen tulajdonságai kémiai átalakítással is megváltoztathatók. A legelterjedtebb átalakítás a növényi olajok zsírsavainak metanollal történő átészterezése. Az eljárással olajból RME (repce metil-észter) állítható elő. Hasonlóan a lenmagolaj és a napraforgóolaj is biodízel-olajjá alakítható. Az így előállított LME és SME fűtőértéke valamint cetánszáma közel egyező a dízelolajéval. [41]

Kísérletek azt mutatják, hogy a biodízel 20%-ig történő bekeverése a hagyományos motorhajtóanyagba nem okoz problémát, azonban ennél nagyobb koncentráció esetén egyes alkatrészek átalakítása szükséges, pl. a gumicsövek, tömítések esetében.

o Bioetanol

Az alkoholokat általában cukorból vagy keményítőből, ritkább esetben cellulóztartalmú anyagból élesztővel végzett fermentációval és folyamatos desztillációval nyerik.

Az alkohol előállítása három módon történhet:

- cukor kivonásával és fermentációval,
- keményítő hidrolízisével és fermentációval,
- a cellulóz hidrolízisével és fermentációval.

Főbb cukornövények a cukorrépa, melasz (cukoripari melléktermék), cukornád, édesburgonya, édescirok. Fontosabb keményítő tartalmú növények: burgonya, kukorica, búza, rozs, zab, árpa, rizs, csicsóka, vadgesztenye.

Üzemanyagként történő felhasználása történhet eredeti formájában benzinbe keverve, illetve komponensként üzemanyag-adalék formájában. A tiszta formában történő bekeverés különféle térfogat százalékokban történhet, legelterjedtebb megoldások az E5, E10, E85 azaz az 5-10-85%-ban bioetanolt tartalmazó benzin.

b. Második generációs cseppfolyós üzemanyagok

Az ebbe a csoportba tartozó üzemanyag fajták még kutatási fázisban vannak. Előállításuk lignocellulózból történik különböző technológiákkal.

- bioetanol előállítása lignocellulózból hidrolízissel és fermentációval,
- lignocellulózból történő etanol előállítás enzimes eljárással,
- szintetikus üzemanyagok előállítása szintézis gázból.

c. Harmadik generációs cseppfolyós üzemanyagok

A biomasszából történő előállításról röviden elmondható, hogy két fő utat különböztetünk meg:

- az egyik a biomassza pirolízise vagy elgázosítása során előálló szintézisgázból történő előállítása, míg
- a másik lehetőség a biológiai termelés.

Az utóbbinak két további csoportját különböztetjük meg [42]:

- szerves vegyületek fotobontása fotoszintetizáló baktériumokkal,
- fermentációs hidrogéntermelés szerves vegyületekkel.

A hidrogén felhasználása a gépjárművekben történhet üzemanyag cellák segítségével, amelyek vegyi reakciók segítségével keltenek elektromosságot hidrogénből és oxigénből.

7.5.2 A biomassa hasznosítás nemzetközi és hazai helyzete

- A biomassa nemzetközi hasznosítási tendenciája

A világ negyedik legelterjedtebb energiaforrása a biomassa (a szén, a kőolaj és a földgáz után). A biomassa energia fedezi a felhasznált energia 14%-át világátlagban, míg a fejlődő országokban 34%-át. Például Nepál és Etiópia teljes energia-szükségletét csaknem kizárólagosan biomasszából nyeri. A teljes primerenergia felhasználás energiaigényének Kenyában 75%-át, Indiában 50%-át, Brazíliában 25%-át állítják elő biomasszából. A fejlődő országok közel 4 milliárdos népességével több, mint 3 Gt légszárított biomasszát hasznosítanak évente.

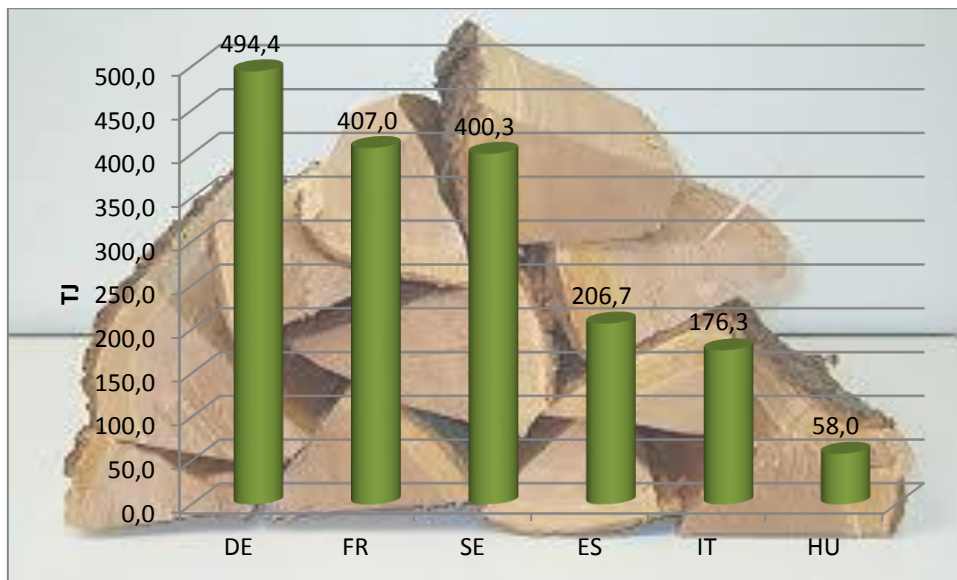
A pellet-gyártás globális kapacitása az utóbbi években erőteljesen növekedett. 2008-ban a pellet-termelés világkapacitása 10 millió t/év felett volt. Az élenjáró országok: USA 2 millió t/év; Svédország 1,8 millió t/év; Németország 1,4 millió t/év; Kanada 1,3 millió t/év; Olaszország 700000 t/év; Ausztria 620000 t/év. A piaci kereslet és a kereskedelmi forgalom növekszik. [43]

A folyékony bioüzemanyagok termelése ugyancsak erőteljesen növekszik. A bioetanol-gyártás globális vezetője Brazília, 2008-ban a világ-termelés 1/3-át állította elő, cukornád felhasználásával. Ez 22 billió l üzemanyagot jelent. [43]

Az EU tagállamok cselekvési terveinek összegzése alapján 2020-ra a megújuló forrásból származó energia 50 %-a, azaz a teljes energiafogyasztás 10 %-a biomasszából fog származni. Összehasonlításként itt érdemes megemlíteni, hogy jelenleg a teljes megújuló energia hasznosítási részarány alig van 10% felett. 2020-ra várhatóan biomassa bázison kerül ellátásra:

- a villamosenergia fogyasztás 6,5%-a,
- a fűtés és hűtés 17,5%-a,
- a közlekedési energiafelhasználás 9,5 %-a.

Fő forrásai a mezőgazdaság, az erdőgazdaság és a hulladékgazdálkodás lesz, a hulladékhasznosításon belül döntően a települési szilárd hulladékok biomasszájának minősülő hányadának energetikai hasznosítása várható. [44]



72. ábra: Az EU öt vezető biomassza hasznosító országa és Magyarország 2012-ben [22]

Az EU-ban a biomassza hasznosítás technológiai fejlődésének két legmeghatározóbb országa Németország és Ausztria. A biogáz termelés tekintetében egyértelműen Németország a vezető, több mint 2200 üzem működik, Ausztria is jelentős, közel 350 biogáz üzemmel. Németországban az elmúlt 10 évben a pellettüzelés is megemelkedett, a kisméretű tüzelőberendezések száma 9,6 millió. Az energiaültetvények is jelentős területet foglalnak el, jelenleg 1,6 millió ha, míg 2020-ra 2 millióra, 2030-ra 3 millióra szeretnék növelni a területet. [45]

Ausztria esetében komoly szerepet töltenek be a decentralizált kis hőtermelő biomassza tüzelő berendezések. Számuk közel 100 ezer db, amelynek majdnem fele pellettel üzemel. Ugyanitt jelentős a bioüzemanyag előállítás is, elsősorban a biodízel esetében rendelkeznek nagy termelőkapacitással a több mint 10 üzemben.

- A biomassza magyarországi hasznosítási tendenciája

Hazai természeti adottságaink élelmiszergazdasági szempontból lehetővé teszik a biomassza energetikai hasznosításában rejlő lehetőségeink fokozottabb kihasználását. A biomasszává vált szervesanyag tömeget alkotják

- az erdészetből származó tűzifa és az erdészeti melléktermék,
- az eddig alig kihasznált szerves (növényi, állati eredetű) hulladékok vagy,
- a kifejezetten az energiaágazat céljára termesztett, élő növényi nyersanyagok, mint megújuló energiaforrások.

A 2010-es évre vonatkozó statisztikai adatok szerint hazánk összesen 1 900 000 ha erdőterülettel rendelkezett, amely az ország több mint 20%-át teszi ki. Ebből 2009-ben

4 500 000 m³ fát termeltek ki. Jelenleg a biomassza hasznosítás jelenti a megújulók között a fő részarányt, azon belül is a tűzifa mintegy 80%-ot képvisel. A tűzifapiacon belül meghatározó a háztartások fogyasztása, amely a teljes tűzifa felhasználás 71%-át teszi ki. A villamos erőművek tűzifa felhasználása a teljes hazai felhasználásnak 22%-a.

A hivatalos tűzifa felhasználás a teljes primer energia felhasználásának a 2%-át adta 2007-ben, a fahulladék és kommunális hulladék kategóriákkal kiegészítve összesen 4,3%. Ez évente mintegy 20-25 eTJ (2,3-2,8 millió m³) tűzifa felhasználást jelent az erőművekben. Ezen kívül van még néhány kisebb zöldmezős erőmű és fűtőmű, amelyek 200-300 em³ felhasználásáért felelősek.

17. táblázat: A 3 legnagyobb biomasszát felhasználó erőmű és azok hatásfoka Magyarországon [46]

Erőmű	Erőművi biomassza felhasználás [TJ/év]	Energetikai hatásfok [%]
Bakonyi Erőmű	5100	23
Borsodi Erőmű	3900	23
Pannon erőmű	4500	26

Az energetikai célú biomassza termesztés egyik lehetséges formája a sarjzattatásos energetikai ültetvények létesítése. A 45/2007. (VI. 11.) FVM rendelet szerint sarjzattatásos típusú fás szárú energetikai ültetvény kizárólag nyár, fűz és akác fajokból létesíthető. A jelenleg hazánkban telepített ültetvények nagysága 2338 ha, amelynek legnagyobb részét, mintegy 72%-át a nemesnyár alkotja, mivel a rendelkezésre álló területek hasznosítására leginkább ezek alkalmasak. A fűz az ültetvények 19%-át, míg az akác 9%-át teszi ki. [47]

Az erdészetből, mezőgazdaságból és energetikai ültetvényekről begyűjthető hasznosítható biomasszák fűtőértéke a 18. táblázat szerint alakul.

18. táblázat: A fa és más lignocellulózok fűtőértéke légszáraz állapotban

Megnevezés	Fűtőérték [GJ/t]
Szalma	13,0-14,2
Kukoricaszár	10,5-12,5
Napraforgószár	8,0-10,0
Erdei apríték	12,0-14,5
Szőlővenyige	10,5-12,5
Gyümölcsfanyesedék	10,0-11,0
Erdei apríték	12,0-14,5
Faipari hulladék	13,0-16,0

A fűtőérték nagymértékben meghatározza a hasznosítás környezeti hatásait, ha a teljes életciklust vizsgáljuk.

A biogáz termelés Magyarországon a teljes megújuló energiafelhasználás 1,5%-át fedezi csupán. Hazánkban 2010 áprilisáig összesen 10 mezőgazdasági biogázüzemben indult el az üzemszerű működés, egy tucatnyi helyen szennyvíziszapból állítanak elő biogázt, néhány szeméttelenen pedig a depóniagázt gyűjtik.

A bioüzemanyag termelésben is nagy lehetőségeink vannak. Az eBio szakmai szervezet jelentése szerint a gyártásban Franciaország járt az élen, ott jelenleg 13 gyár működik, amelyek 2009-ben összesen 1 milliárd liter bioetanolt állítottak elő. A második helyen Németország áll 568 millió literrel és 8 bioetanolgyárral. A harmadik Spanyolország 317 millió literrel, a negyedik Lengyelország 200 millió literes évi teljesítménnyel, az ötödik Magyarország 150 millió literrel. Magyarországon 2007 különösen száraz időjárásának köszönhetően a kukoricatermés rendkívül alacsony volt. Emiatt számos tervezés alatt álló bioetanol üzem nem valósult meg. A biodízel gyártással Magyarországon csupán 5 üzem foglalkozik.

7.5.3 Biomassza termesztés és hasznosítás környezeti hatásai

A biomassza alkalmazásának előnye, hogy termesztése és energetikai hasznosítása zárt karbon-ciklust alkot, mivel a termesztés és az energetikai hasznosítás során annyi CO₂-t szabadul fel a légkörbe, vagy annyi karbon kerül megkötésre hosszú távra a talajban, mint amennyit a növények a növekedésük alatt a fotoszintézis során szervezetükbe beépítenek. A természetes karbon körforgalom meghatározásánál nem számolunk az energianövények termesztése és szállítása során alkalmazott gépek szén-dioxid kibocsátásával, ezért a mérleg egyensúlyban van. Amennyiben a gépek működését is figyelembe vesszük, a légkörbe kibocsátott CO₂ magasabb, mint amennyit a növény a növekedése során megköt.

A biomassza energetikai célú termesztésénél, különös tekintettel az első generációs üzemanyagok előállítására, mindenképp szem előtt kell tartani, hogy ne jelentsen konkurenciát az élelmiszer és takarmányozási célú növénytermesztés számára. Emiatt prioritást élveznek a jelenleg nem hasznosított, illetve degradált területek, mint például a belvizes, árterületi, alacsony termőértékű területek ilyen célú hasznosítása. Az alkalmazott fajtákat a helyi adottságoknak, körülményeknek megfelelően célszerű kiválasztani.

Az intenzív mezőgazdasági tevékenység, ha nem megfelelően végzik, akkor a légkörön kívül a talajra és felszín alatti vizekre is veszélyes, lásd 19. táblázat.

19. táblázat: A szántóföldi energianövény termesztés környezeti veszélyei és lehetőségei [48]

Környezeti problémák	Okok	Veszélyek	Lehetőségek
Erózió	Gyakori talajművelés	Intenzív szántóföldi energianövények extenzív területekre	Állandó talajtakarást nyújtó, kevés talajmunkát igénylő évelő kultúrák, extenzív művelési mód
Talajtömörödés	Gyakori talajművelés nehéz gépekkel, fejletlenebb gyökérzet	Nagy víztartalmú és sok talajművelést igénylő kultúrák	Extenzív művelési mód, kevesebb talajmunka, betakarítás fagyott talajon, mélyen gyökerező fajok
Talaj savanyodás	Műtrágyázás	Intenzív tápanyagigényű kultúrák	Szerves trágyázás, zárt termelési ciklus
Talaj szennyezés	Műtrágya és növényvédőszer kimosódása	Monokultúra, nagy vegyszer és műtrágyaigényű kultúrák	A termőhelyi adottságokhoz illeszkedő vetésciklus jó tápanyagfelvevő és gyomelnyomó képességű növények
Vízszennyezés	Műtrágya és növényvédőszer kimosódása	Monokultúra, nagy vegyszer és műtrágyaigényű kultúrák	A termőhelyi adottságokhoz illeszkedő vetésciklus jó tápanyagfelvevő és gyomelnyomó képességű növények
Másodlagos szikesedés	Öntözés, fejletlenebb gyökérzet	Nagy vízigényű kultúrák	Kis vízigényű, kedvező vízgazdálkodású növények
CO ₂ kibocsátás növekedése	Gyepek feltörése, intenzifikáció	Intenzifikáció	Extenzív művelési mód gyepterületek fenntartására
Táji- és biodiverzitás csökkentése	Szántóföldi monokultúrák	Monokultúra	Vetésciklus bővítése energianövényekkel, többféle eltérő tulajdonságú energianövény termesztése, élőhely biztosítása

Az erdők előnye a mezőgazdasági kultúrákkal szemben, hogy a levegőben lévő CO₂-t nagy mennyiségben kötik meg és azt hosszú ideig tárolják.

A biomassza bioüzemanyagként történő hasznosításának kedvező és kedvezőtlen hatásai is vannak, amelyek a 20. táblázatban kerültek összefoglalásra.

20. táblázat: A bioüzemanyagok életciklus elemzése a fosszilis üzemanyagokkal összehasonlítva

Összehasonlítás	A bioüzemanyagok előnye	A bioüzemanyagok hátránya
-----------------	-------------------------	---------------------------

Energiaforrás-szükséglet	Fosszilis energiahordozó megtakarítás	Ásványi anyagforrások felhasználása
Üvegházhatás	Üvegházhatású gázok emissziójának csökkenése	
Sztratoszférikus ózonképződés		Magasabb N ₂ O emisszió
Savasodás		Erősebb savasodás
Fotoszmozg		Magasabb ózonképződési potenciál
Eutrofizáció		Magasabb NO _x - és NH ₃ emisszió
Humán- és ökotoxicitás	<p>Alacsonyabb SO₂ emisszió</p> <p>Alacsonyabb szennyezése a tengereknek a nyersolaj kitermelése és szállítása miatt</p> <p>Alacsonyabb szennyezés a balesetek következtében kialakuló szivárgások miatt</p> <p>Alacsonyabb toxicitás és jobb biológiai lebonthatóság</p>	<p>A felszíni vizek peszticidek általi terhelése</p> <p>A talajvizek nitrátokkal történő lehetséges terhelése</p>

7.6 Geotermikus energia hasznosítása

A geotermális energia olyan belső energia, amelyet a földkéreg, a köpeny és a mag nagy hőmérsékletű tömegei tárolnak. A Föld belsejének hőmérséklete a mélységgel nő. A geotermikus energia a felszíni hőhasznosítás szempontjából elsősorban hőmérséklet szintjével jellemezhető. A hőmérsékleti szintek szerint két nagy csoportot különböztetünk meg:

- 100°C alatti hévizek hőtermelésre,
- 100°C feletti ún. nagy entalpiájú fluidumok elektromos energia előállítására.

A talaj felső rétegéből kinyert energiát napjainkban már napenergiának tudják be.

Két elkülönült irány a geotermális energia hasznosítása, mely a föld nagyobb mélységeiből előtörő forró termálvíz hasznosítja és a geotermikus energia, mely kisebb mélységek hőállapotát használja ki a megfelelő eljárással és berendezésekkel.

7.6.1 A geotermikus energia hasznosításának technológiai lehetőségei

A geotermális energia kitermelésének lényege a tároló belsőenergia-tartalmának felszínre hozása. Eleinte a gőz túlnyomása hozta a felszínre a fluidumot. A lehűlt, rendszerint nagy sótartalmú hévizet legtöbbször valamely közeli vízfolyásba vezették, jelentős környezetkárosítást okozva magas hő és sótartalmával. Eközben a tároló rétegnyomása is egyre csökkent, a kút hozamával és a kútfej hőmérsékletével együtt.

A tároló rétegenergiájának fenntartása, és a környezetszennyezés elkerülése csak a lehűlt héviznek a tároló rétegbe való visszajuttatásával lehetséges. A legtöbbször vízkőkiválásra hajlamos vagy agresszív kémiai viselkedésű hévizeket legcélszerűbb egy túlnyomásos zárt körben keringetve, hőcserélőn át lehűtve visszajuttatni a tárolóba.

A hőcserélőben a nagy sótartalmú, esetleg agresszív rétegvíz a szekunder körben áramoltatott víznek, esetleg valamilyen alacsony forráspontú szerves folyadéknak adja át az energiátartalmát. A szekunder körben áramló felmelegített folyadék vagy gőz akár villamosenergia-termelésre, akár közvetlen hőhasznosításra is alkalmazható.

A geotermikus hőszivattyúk jóságai tényezőjét COP értéknek nevezzük. A COP érték megmutatja, hogy 1 KW villamos energiával mekkora fűtési energiát lehet elérni. A komolyabb hőszivattyúk COP értéke akár 5-ös értékű is lehet. Ez azt jelenti, hogy az energetikai hatásfoka 500%.

A geotermikus energia hasznosításának több típusa létezik:

- Száraz erőmű

Ez a rendszer akkor alkalmazható, amikor a gőzhasznosítást semmilyen folyadék nem zavarja. A túlhevített 180-200°C-os, 0,8-0,9 MPa nyomású gőz néhány 100 km/h-ás sebességgel éri el a felszínt. 300-350°C-os hőmérsékleten és megfelelően nagy nyomáson jobb hatékonyságú áramtermelés érhető el. A turbinán áthaladó gőz kitágul és meghajtja a turbina lapátjait, ami a tengelyt forgatja meg és így elektromos áramot termel. Az USA-ban és Olaszországban, Indonéziában, Japánban és Mexikóban kiterjedt száraz gőzforrások találhatóak.

- Egyszerű gőz kiáramlásos erőmű

Az aknában fölfelé lövellő víz vagy nagy nyomású forró víz, vagy nedves gőz formájában érheti el a felszínt. Első elemként egy szeparátor van beiktatva, hogy a turbinát a nagy mennyiségű víz beömlésétől megvédje. A termásvízben számos ásványi só van oldva, amelyek az aknában való haladás során ott lerakódhatnak és elzárhatják azt, ezért az aknát rendszerint nyomás alatt tartják.

- Kettős ciklusú erőmű

Az erőművek ezen fajtája egy a víznél alacsonyabb forráspontú másodlagos folyadékot, például pentán vagy bután gőzzé alakít, ami meghajtja a turbinát. Legnagyobb előnye e berendezéseknek, hogy az alacsonyabb hőmérsékletű források is hasznosíthatóvá válnak. Ezen felül a kémiaiilag nem tiszta geotermikus folyadékok is hozzáférhetővé lesznek, főleg, ha nyomás alatt tartják.

A geotermikus folyadék nyomás alatt tartása és a másodlagos folyadék visszanyomása, a rendszer teljes teljesítményének 30%-át emészti fel, mivel ehhez nagy szivattyúk szükségesek. Ilyen erőmű pl. Kaliforniában a Mammoth Geotermikus erőmű.

- Kettős gőz kiáramlású erőmű

Ez a fajta rendszer jól alkalmazható azokon a helyeken, ahol a geotermikus folyadék kis mennyiségű szennyező anyagot tartalmaz, így a vízkő leválás és a nem kondenzálható gázok - amelyek a hasznosíthatóságot befolyásolják - az itt alkalmazott módszer segítségével a minimumra csökkenthetők. A kezdeti nagynyomású befecskendezés után visszamaradt folyadék egy alacsonyabb nyomású tartályba áramlik, ahol egy újabb nyomás csökkentés hatására addicionális gőzzé alakul.

Az így keletkezett gőz keveredik a nagy nyomású turbinát elhagyó gőzzel és a kettő együtt egy újabb turbinát is képes meghajtani. Ezzel a módszerrel ideális esetben 20-25%-kal növelhető a teljesítmény és mindössze 5%-kal növeli az erőmű üzemi költségeit. Ilyen például az 1988-ban megnyitott East-Mesa erőmű Dél-Kaliforniában. [49]

- Forró száraz kőzeteket hasznosító technológia

E technológia alkalmazása során egy kiaknázó és egy reinjektáló furatot készítenek, ami esetenként meglehetősen nehéz feladat a kemény gránit kőzetben. A víz a befecskendező aknában lefelé halad, keresztül a rezervoáron, ahol felmelegszik és a kitermelési aknán keresztül szivattyúzzák a felszínre, ahol a nyert hőt elektromos áram termelésére fordítják. A fő költségek elsődlegesen a kristályos kőzetben való fúrás és a hőcserélő létrehozásánál adódnak. Az első ilyen rendszer Fenton Hill alatt létesült 1977-ben. [50]

- Geotermikus hőszivattyú

A szondák, a földben elhelyezkedhetnek függőlegesen (függőleges kollektoros rendszer) vagy vízszintesen (vízszintes kollektoros rendszer). A szondák gyűjtik össze a föld hőjét. A szondákból az összegyűjtött hőt szigetelt csővezetékekkel elszállítjuk a hőszivattyúhoz. A geotermikus hőszivattyú viszonylag alacsony hőmérsékletű vízből képes meleg vizet előállítani. A földből körülbelül 12-16°C-os hőt tudunk felszínre hozni és a hőszivattyúba juttatni. A hőszivattyú ebből az alacsony hőmérsékletű folyadékból 45-55°C-os meleg vizet állít elő. Az USA-ban 300.000 családi házat és iskolát fűtenek ezzel a technológiával.

Fajtái:

- függőleges talajszonda,
- vízszintes talaj kollektor,
- kút szonda,
- levegő szonda.

A geotermikus energiát napjainkban a gyógyászatban és a mezőgazdaságban hasznosítják a legintenzívebben Magyarországon. A kertészeti hasznosítás akkor a legjobb, ha az egy globális jól megtervezett és kivitelezett komplex fűtési rendszer részét képezi. Így biztosítható ugyanis, hogy a kinyert energia maradéktalanul hasznosuljon, s a termelési egységre vetített fűtési költség a legalacsonyabb szinten legyen tartható. [51]

A geotermikus energia közvetlen felhasználása hőmérséklet szerint az alábbiak szerint oszlik meg [49]:

20°C	haltenyésztés,
30°C	uszodafűtés, biolebontás, erjesztés,
40°C	talajmelegítés,
50°C	gombatermesztés, balneológia,
60°C	állattenyésztés, üvegházak lég- és melegágyfűtése,
70°C	alacsony hőmérsékletű hűtés,
80°C	fűtés, üvegházak légfűtése,
90°C	intenzív jégtelenítés, raktározott hal szárítása,
100°C	szerves anyagok szárítása, tengeri moszatok, zöldségek, szénaszárítás, gyapjú mosás és szárítás,
110°C	hűtés, cementlapok szárítása,
120°C	desztillálás, összetett párologtatás,
130°C	bepárlás a cukorfinomításban, sók extrakciója, sűrítés, kristályosítás,
140°C	mezőgazdasági termékek szárítása, konzerválás,
150°C	timföld gyártás Bayer módszerrel,
160°C	halhús és fűrészáru szárítás,
180°C	magas koncentrációjú vegyületek bepárlása, ammónia abszorpcióval történő hűtés, diatómaföld szárítás.

Jelenleg épületek fűtésére történő alkalmazás elterjesztése folyamatban van. Ebben az esetben fontos, hogy a hőleadó felületek kialakítása geotermikus fűtés esetén eltérő a megszokott lapradiátoros fűtőtestektől. Geotermikus fűtésrendszerekhez csak a padlófűtés, vagy a fal és mennyezetfűtés a megfelelő. Amennyiben hűteni is szeretnénk a lakást a geotermikus rendszerünkkel, akkor mindenképpen szükség van fal vagy mennyezethűtés és fűtésre.

7.6.2 A geotermikus energia hasznosításának nemzetközi és hazai helyzete

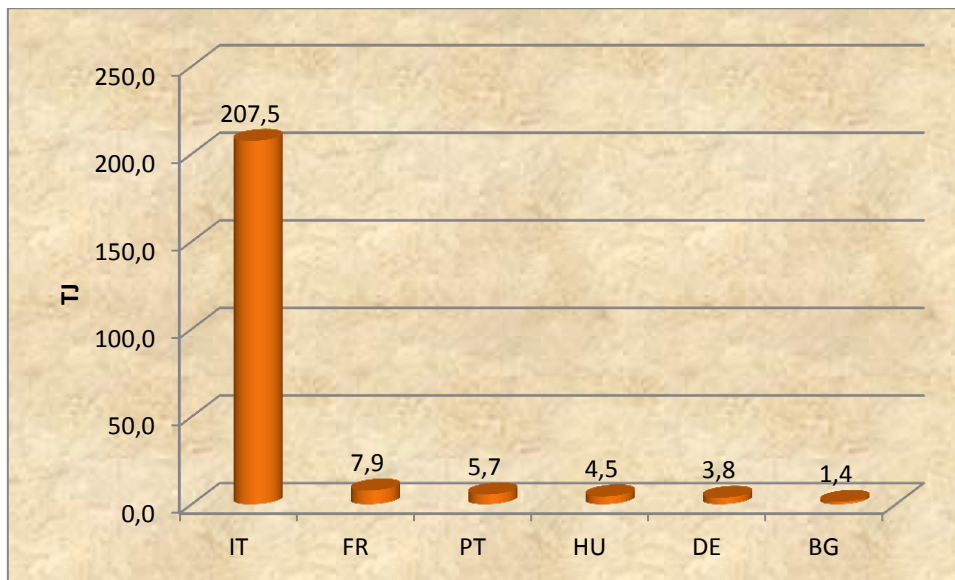
- A geotermikus energia hasznosításának nemzetközi tendenciái

A világ teljes működő geotermikus kapacitása 2010-ben 10 716 MWe volt, melyből 1 000 MWe-t bináris ciklusú erőművek termeltek. Ez világviszonylatban Földünk energiaszükségletének kevesebb, mint egy százalékát adják. A geotermikus technológiák 11%-a 130°C alatti, 27%-a 130°C és 200°C közötti, míg 62%-a 200°C-ot meghaladó hőmérsékletű fluidumot hasznosított. [52]

Földünk viszonylag sok országában működnek geotermikus erőművek, a legelső 1904 óta az olaszországi Larderellóban (Toscana) üzemel. Geotermikus energiából a legtöbb elektromos áramot az Egyesült Államok, a Fülöp-szigetek, Olaszország, Mexikó, Indonézia és Japán állítja elő. A nagy mennyiségben geotermikus energiát hasznosító országok mind geológiailag aktív területeken helyezkednek el és sokuk fejlődő ország. Becslések szerint 2020-ra világviszonylatban 5-10 százalékos arányt jósolnak a teljes primerenergia felhasználásból, amelyet egyrészt a termelési kapacitások növelésével, másrészt a technológiák fejlesztésével kívánnak elérni. [53]

Érdekesség, hogy Izland több mint ezer km távolságra az óceán fenekén elhelyezett vezetéken kívánja átvezetni a megtermelt elektromos áramot az Egyesült Királyságba. Természetesen hátránya is van a terveknek, ugyanis a kábel minden kilométeréhez 800 t réz szükséges, amelynek készletei fogyóban vannak és emiatt a réz egyre drágább, ezen túl a kitermelése környezetszennyező. [54]

Az EU-ban 2006-ban több mint 500 000 berendezés működött, míg az USA-ban több mint 800 000 db és évente 50 000 új egység épül. 2004-ben a világszerte működő egységek száma kb. 1,3 millió volt. Ehhez képest Magyarországon mindössze 600-700-ra, maximum 1000-re becsülik a hőszivattyúk számát. [53]



73. ábra: Az EU öt vezető geotermikus energia hasznosító országa és Magyarország 2012-ben [22]

Olaszország az elektromos energia termelés területén nagyhatalom. A 2007-es adatok alapján évente 5200 gigawattóra áramot termelnek geotermikus energiából, míg Izlandon 1483 gigawattórát. A többi ország eltölpül ehhez a mennyiséghez képest. Ha azonban a termelt energia részarányát tekintjük, akkor már egészen más a helyzet. Izlandon az ország energiaszükségletének több mint 26 százalékát adta a geotermikus energia 2010-ben, Olaszországban alig több mint 2 százalékát.

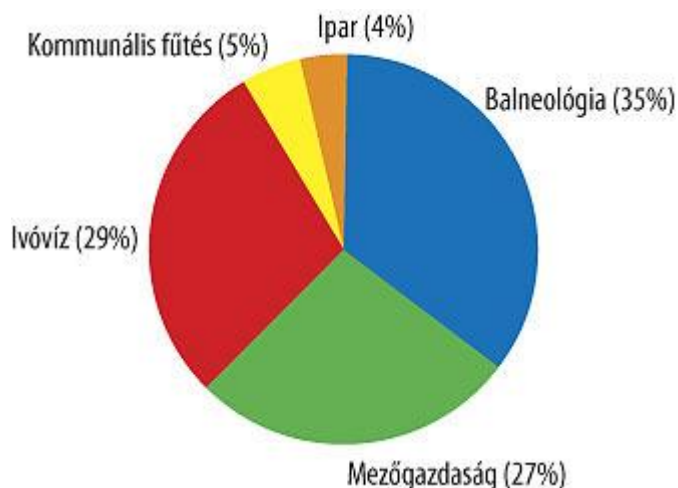
Jó példa Svédország a geotermikus energiahasznosításra. Geológiai helyzetéből adódóan az ország területének legnagyobb részén a geotermikus gradiens, valamint a földi hőáram alacsony értékeket mutat (15-20°C/km, 40-50 mW/m²). Ennek ellenére Európában a közvetlen hőhasznosítás terén élen jár, az évi 36.000 TJ hőtermeléssel még az USA-t is megelőzi. A családi házak 30%-a ma már földhőszivattyút használ. Svédországhoz hasonlóan Németország is a hőszivattyúk alkalmazásában a geotermikus energiahasznosítás európai élvonalához tartozik.

- A geotermikus energia magyarországi hasznosítási tendenciái

Magyarország geotermikus adottságai európai, de világviszonylatban is kiemelkedőek. Magas a hőmérséklet mélységgel történő emelkedése, ~ 45°C/km, szemben az átlagos 20-30°C/km értékkel. Így 500 m mélységben az átlaghőmérséklet már 35-40°C, 1000 m-ben 55-60°C, 2000 m mélységben pedig 100-110°C, a melegebb területeken akár 120-130°C lehet. A felszín alatt több km mélyséig megtalálható törmelékenes üledékekből (homok, homokkő) vagy repedezett mészkőből, dolomitból az ország területének több mint 70%-án minimum 30°C-os termásvíz feltárható. Becslések szerint Magyarországon a geotermikus potenciál legalább ~60 PJ/év [60]. Ebből 2010-ben a közvetlenül előállított hőmennyiség 4,23 PJ volt. A termásvíz köbméterében

kifejezve ezek az értékek a rendelkezésre álló készlet esetében 500 milliárd köbméter, amelyből 50 milliárd köbméter termelhető ki gazdaságosan.

Jelenleg évente csaknem 100 millió köbméter termásvíz kerül kitermelésre. Ezt leginkább fürdőkben és ivóvíz előállításra használják. [55] A kitermelt termásvizek hasznosítása a 74. ábra szerinti megoszlásban történik.



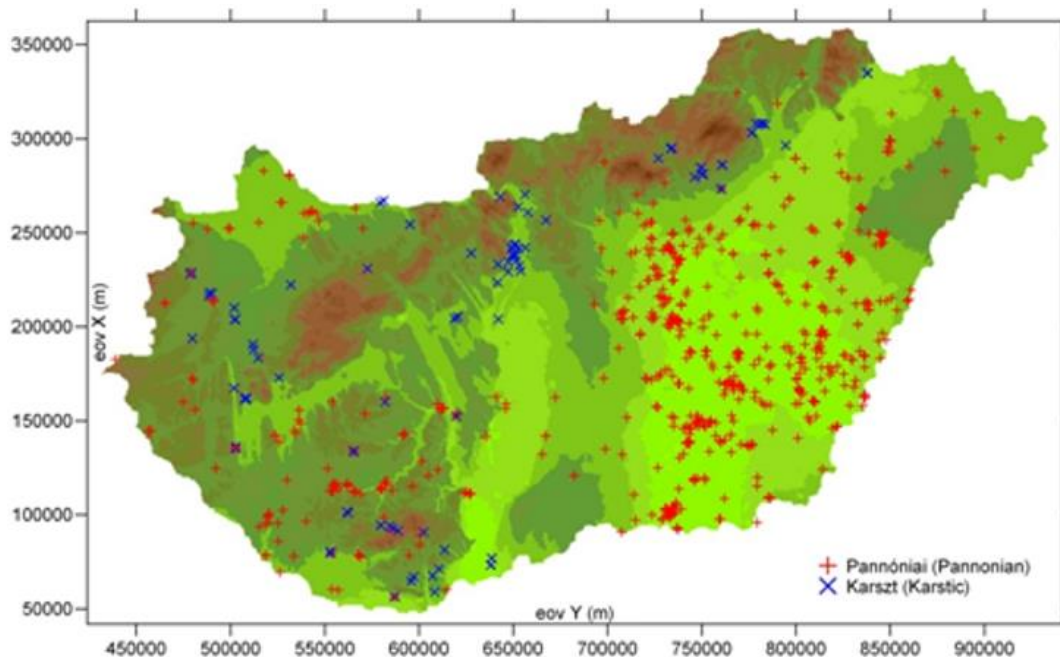
74. ábra: Termásvíz hasznosítás Magyarországon [51]

Geotermikus energiára épülő elektromos energia-termelés jelenleg nincs Magyarországon, erre csak tervek vannak a Zala megyei Iklódbördőcén és a Baranya megyei Szentlőrincen.

Magyarország a világ élvonalához tartozik a geotermikus energia mezőgazdasági hasznosításában, a 130 hektáros geotermikusan fűtött hazai üvegházterületet csak az USA előzi meg, 183 hektárral. A 2006-os adatok szerint Magyarországon 208 termelőkutat használnak a mezőgazdaságban hőhasznosításra. [56]

Gyakori, hogy a termásvíz energiáját először ipari vagy balneológiai célra hasznosítják, majd utána vegetációs vagy talajfűtést alakítanak ki. Használnak kaloriferes légtér-fűtést is. A növényházak és fóliasátrak fűtésével a termásvíz energiája általában jobban hasznosul, mint a kommunális fűtésnél. Jól szabályozott rendszereknél a termásvíz 24-26°C-ra hűl. A legnagyobb termál kertészetek az ország déli, dél-keleti részén vannak (Szentés, Szegvár, Csongrád, Szeged, Hódmezővásárhely, Öcsöd stb.). [56]

A hévízkutak elhelyezkedése az országban a 75. ábrán látható.



75. ábra: Hévízkutak Magyarországon [56]

7.6.3 Geotermikus energia hasznosítás környezet és klímavédelmi hatásai

A geotermikus energia hasznosításának számos hosszútávú hatása van, mint például a talaj lesülledése és előidézhet földrengést is. A fúrás során jelentős zajszennyezés keletkezik. Az elhasznált fűrófolyadékokat ülepítő medencékben tárolják, amelyek esetlegesen szennyező anyagokat tartalmazhatnak, ezáltal veszélyeztethetik a felszín alatti vizeket.

A hasznosítás utáni meleg csurgalékvíz okozta hőszennyezés és a sószennyezés (vízkőképződés) szabvány szerinti értéknél nagyobb sótartalmú és kedvezőtlen sóösszetételű vizek esetében fordul elő. A sótartalma hévizekben döntően Ca-, Mg-, Na-ionok klorid, szulfát és hidrogén-karbonát formái alkotják. Meg kell említeni még a gyakori előfordulású szilikáttartalmat is. A termálvizek hasznosításának egyik fontos feltétele a vizek vegyi összetétele. Ebből a szempontból a hazai hévizek túlnyomó része kedvező sajátosságú és ez igen széles skálájú hévízhasznosítást tesz lehetővé.

A hőszennyezés az elfolyó vizek felszíni tárolókba való lehűtésével (30°C alá), ill. a tároló rétegekbe való visszajuttatásukkal előzhető meg. Az ellenőrizetlen visszasajtolás nagy kockázatot jelent a felszín alatti víztestekre.

Felhasznált irodalom

[1] Gaul G. (2003): A földgáz szerepe a francia energiaellátásban a következő 30 éven. BME OMIKK, 12. sz.19 p.

[2] Fazekas D. (2009): Szén-dioxid piac az Európai Unió új tagállamaiban, Magyarországi empirikus elemzés. Doktori (PhD) értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem.

[3] http://rexades.blog.hu/2009/06/04/a_nuklearis_energiatermeles

[4] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMU)

[5] MTI (2009): Átadták Latin-Amerika legnagyobb szélérőművét
<http://www.alternativenergia.hu/atadtak-latin-amerika-legnagyobb-szeleromuvet/125>

[6] Tóth L.- Horváth G. (2003): Alternatív energia, szélmotorok, szélgenerátorok. Tankönyv, ISBN 963 9553 03 4; Szaktudás kiadó Ház Kft; Budapest 2003.

[7] Nebauer R.; Schauer C. (2009): Új szelek a felelősségbiztosítás területén?
<http://www.biztositas.hu/Hirek-Informaciok/Biztositasi-szemle/2009-augusztus-szeptember/Uj-felelossegbizt.html>

[8] Offshore szélérőmű-hálózatba fektet a google
<http://www.ujenergiak.hu/szelenergia-hazilag-szelenergia-hasznositasa/szeleromu-szelkerek-szelgenerator-szelkerek-hazilag/429-offshore-szeleromu-halozatba-fektet-a-google>

[9] Kander D. (2011): Szélérőművek által termelt villamos energia tárolásának lehetséges módszerei. Pécsi Tudományegyetem. Szakdolgozat. Pécs.

[10] Jools (2012): Spirit of Ireland-Írország komplex szélérőmű tervezete
http://ipon.hu/hir/spirit_of_ireland_irorszag_komplex_zolderomu_tervezete/19522

[11] Tóth P.; B. Kircsi A. (2012): A szélenergia hasznosítás 2011 évi legújabb eredményei
http://www.mettars.hu/wp-content/uploads/2012/04/Eloadas120418_Kircsi.pdf

[12] Növekszik az offshore szélérőművek száma
<http://www.alternativenergia.hu/novekszik-az-offshore-szeleromuvek-szama/58180>

[13] <http://www.matud.iif.hu/2010/08/06.htm>

[14] http://hu.wikipedia.org/wiki/Magyarorsz%C3%A1gi_sz%C3%A9ler%C5%91m%C5%B1vek_list%C3%A1ja

[15] www.naturenergia.hu

[16] Naplopó (2005): Tervezési segédlet.
http://down.archicentrum.hu/26/utmutatok/doc/tervezesisegedlet_2005.pdf?f_%5Bcegid%5D=26

[17] Farkas, I. (szerk.) (2003): Napenergia a mezőgazdaságban. Mezőgazda Kiadó, Budapest

- [18] <http://news.cnet.com>
- [19] Abbcenter
http://www.jovo_techikaja.abbcenter.com/?id=31918&cim=1#
- [20] Kovács Cs. (2008): Napelemek működése és alkalmazása. Óbudai Egyetem, cikktár.
<http://ekh.kvk.uni-obuda.hu/napelemek/17-napelemek-mukodese-es-alkalmazasa.html>
- [21] <http://ezermester.hu/>
- [22] EUROSTAT
- [23] Imre L. (2009): A megújuló energetika helyzetképe. Magyar Energetika c. szakfolyóirat 2009. évi 4. szám
- [24] Csanaky [at al.] (2010): Nyerni napenergiával. Firefly Outdoor Media Kft., Budapest.
- [25] Farkas I. (2010): A napenergia hasznosításának haza lehetőségei. Magyar Tudomány, Magyar Tudományos Akadémia folyóirata
- [26] Kis M. (2005): A napenergia hasznosítása is károsítja a környezetet? BME OMIKK Energiaellátás, energiatakarékosság világszerte, 44. k. 3. sz.
- [27] Vízérőmű. Wikipédia. A szabad enciklopédia.
<http://hu.wikipedia.org/wiki/V%C3%ADzer%C5%91m%C5%B1>
- [28] Monostori T. (2009): Fortyogó vizek, duzzadó erők. Zöldjövő, A Magyar Demokrata melléklete. 2009. 09. szám.
<http://www.zoldjovo.eu/200909szam/forthyogo-vizek-duzzado-erok>
- [29] Hydro power
<http://www.inforse.org/europe/dieret/Hydro/hydro.html>
- [30] Greenfo (2013): Áramot hoz a dagály.
<http://www.greenfo.hu/hirek/2013/07/01/aramot-hoz-a-dagaly>
- [31] Origo (2008): Kép: beindult a portugál hullámerőmű.
<http://www.origo.hu/tudomany/20080925-kep-mukodesbe-lepett-a-portugal-pelamishullameromu.html>
- [32] Fáy Á.: A vízenergia-hasznosítás nemzetközi helyzete, EU-s tervek.
<http://www.vizinform.hu/pic/kepek/vizenergia.pdf>
- [33] BP Statistical Review of World Energy 2013 Workbook, Historical data workbook, Electricity Generation TWh, Total World
<http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>

- [34] <http://www.vizinform.hu/pic/kepek/vizenergia.pdf>
- [35] Lakatos Károly (2010): Magyarország nemzetközi összehasonlításban. MTA, Energetikai Bizottság, Megújuló Energiák Albizottság ülése, 2010. 11. 26.
- [36] http://www.zoldjovo.eu/sites/default/files/images/zj_0909eromu.jpg
- [37] Szeredi I. (2009): A vízenergia hasznosításának előnyei és hátrányai. Kiegészítés a „Vízenergia hasznosításának helyzete és szerepe” c. ismertetéséhez.
<http://realzoldek.hu/pdf/VIZENERGIA-Elonyeie-es-Hatranyai-Kiegeszites.pdf>
- [38] Magyar Energia Hivatal (MEH)
- [39] Barta I. (2007): A biomassza energetikai célú hasznosítására alkalmas technológiák, a biogáztermelés gyakorlati tapasztalatai. MSZET kiadványai No. 2.
- [40] Barótfi I. (2000): Környezettechnika. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- [41] Sembery P.; Tóth L. (szerk.) (2004): Hagyományos és megújuló energiák. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest.
- [42] Búcsú D. [2008]: Membrános gázszeperáció alkalmazása biohidrogén kinyerésére és koncentrálására, Doktori (PhD) értekezés, Pannon Egyetem Veszprém.
- [43] Imre L. (2009): A megújuló energetika helyzetképe. Magyar Energetika c. szakfolyóirat 2009. évi 4. szám
- [44] Bánhid J.(2011): Települési szilárd hulladékok energetikai hasznosítás. MET Energia Fórum, Balatonalmádi.
- [45] Hennieke, P.; Fishedick, M.(2007):Erneuerbare Energien. München Druckerei C. H. Beck
- [46] MGSZH- Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal
- [47] NÉBIH (2013)
http://www.nebih.gov.hu/szakteruletek/szakteruletek/erdeszeti_igazgatosag/kozerdeku_adatok/adatok
- [48] KVVM: Klímapolitika. A biomassza energetikai alkalmazásának jövője, aktuális problémái.
http://klima.kvvm.hu/documents/14/NES_biomassza.pdf
- [49] Kis F.; Monoki Á.: Megújuló energia.
<http://www.nyf.hu/others/html/kornyezettud/megujulo/Startpage/The%20startpage.html>

[50] Barótf I. (szerk.) (1993): Energiafelhasználói kézikönyv. Környezet-technika Szolgáltató Kft., Budapest.

[51] Nagygál J. (2009): A geotermikus energia hasznosítása a mezőgazdaságban.
http://www.dafka.hu/ktk/teljes_cikkek_12.html

[52] György B. (2012): Geotermikus energia felhasználása. Zöldtech.
<http://zoldtech.hu/cikkek/20120422-geotermikus>

[53] Bai A. (2002): Biomassza felhasználása. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest.

[54] Mádlné Sz. J. [et al.] (2008): geotermikus energiahasznosítás nemzetközi és hazai helyzete, jövőbeni lehetőségei Magyarországon. Ajánlások a hasznosítást előmozdító kormányzati lépésekre és háttér tanulmány. Budapest.

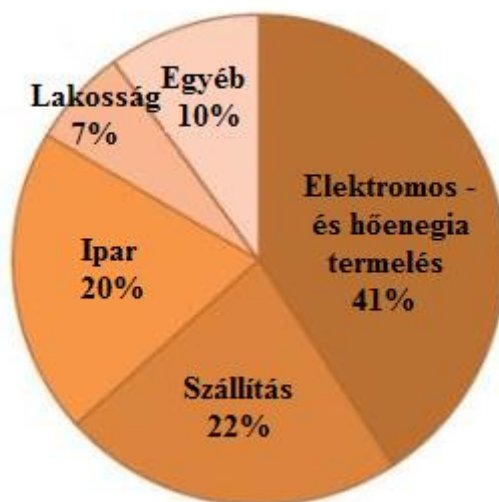
[55] Pesthy G. (2012): Földhő: Magyarország nem lesz Izland. Origo tudomány.
<http://www.origo.hu/tudomany/debreceeni-egyetem/20120329-magyarorszag-nem-lesz-izland-a-geotermikus-energia-hazankban.html>

[56] Magyar Bányászati és Földtani Hivatal (MBFH)

8. A közlekedés és a klímavédelem viszonya

8.1 Gépjárművek, repülőgépek és hajók működése

A közlekedés CO₂ kibocsátása a világ teljes emissziójának a 22%-át teszi ki, lásd 76. ábra.



76. ábra: A CO₂ kibocsátás szektoronkénti megoszlása 2008-ban [1]

Az elkövetkező évtizedekben a közlekedés rohamos fejlődése várható, a fejlődés üteme más gazdasági ágazatokhoz képest lényegesen gyorsabb lesz, különösen a fejlődő országokban. Ez komoly kihatással lesz a klímára, de ez fordítva is igaz, lásd 77. ábra.



77. ábra: A közlekedés és a klímaváltozás közötti összefüggés

A közlekedési technológia fejlesztése révén számottevő mértékű csökkentés várható a járművek energiaigényében, ezen túl átváltás történhet az alacsony széntartalmú üzemanyagokra és elmozdulás várható az alacsonyabb emissziójú közlekedési módok irányába, azaz lehetővé válhat a fenntartható közlekedés megvalósítása.

„A fenntartható közlekedés olyan közlekedést jelent (OECD/2001/), amely nem veszélyezteti a lakosság egészségét és az ökoszisztémákat, továbbá a közlekedési igényeket úgy elégíti ki, hogy a megújuló erőforrásokat lassúbb ütemben használja fel, mint az újratermelődésükhöz szükséges idő, a nem megújuló erőforrásokat pedig az azokat helyettesítő megújuló források előállítási üteménél lassabban használja fel.” [2]

Magyarországon a közlekedés az összes fosszilis tüzelőanyagok elégetéséből származó CO₂ kibocsátásnak 12-14%-áért felelős. Ez lényegesen alacsonyabb, mint a fejlett országokban.

A közlekedési ágazati CO₂ kibocsátás szerkezete a következő [3]:

- közúti 15,0%,
- légi 5,0%,
- vízi 0,1%,
- vasúti 5,0%,

- egyéb 74,9% (mezőgazdasági gépek, erőgépek stb.).

Látható, hogy a közúti közlekedés a legjelentősebb kibocsátó ebben az ágazatban.

Magyarországon a légi közlekedés emissziója elenyésző mértékű, de világviszonylatban 2,4%-ban felelős a globális CO₂-kibocsátásért. Ebben a kategóriában a CO₂-kibocsátás 3-4%-ra is növekedhet 2050-re, annak ellenére, hogy javulás várható a fajlagos üzemanyag-fogyasztásban. Ez annak köszönhető, hogy az összes utas-kilométer gyorsabban növekszik, mint a gyártók fejlesztése a kibocsátás csökkentésére.

A környezetvédelmi cél eléréséhez figyelembe kellene venni a repülés jellegét, a légtér és a légutak optimalizálását, ezzel minimalizálva a klímaváltozást okozó emissziót. Azonban mind a mai napig a repülési magasságot, a megtett utat, az időjárást, valamint a közlekedési és a biztonsági szempontokat veszik figyelembe, az üzemanyag-fogyasztás és a költségek optimalizálásához, a klímavédelem alig szerepel a szempontok között.

A tengeri hajózás világviszonylatban mintegy 2,8%-ban járul hozzá az antropogén CO₂ kibocsátáshoz. Ezek 2-3% ként tartalmazó üzemanyagot fogyasztanak. Így a hajók magas SO₂ kibocsátása, magas infravörös sugárzás abszorpciót okoz.

Az IPCC scenáriók szerint a jövőben a hajók CO₂ kibocsátása emelkedik a legnagyobb mértékben a szállítmányozásban. [4]

8.2 Fosszilis üzemanyaggal meghajtott belső égésű gépjárműmotorok

Az elkövetkező 20 évben továbbra is a belső égésű robbanó motorok fogják a közúti mobilitás alapját képezni. A változások nem lesznek forradalmi jellegűek, inkább az állandó fejlődés fogja a haladást jellemezni.

Nagyon fontos, hogy az Euro 5 és 6 emissziós normákat már időben figyelembe vegye a gépjárműveket fejlesztő iparág. A múltban többször fordult elő olyan eset, hogy az irányelveket a gépjármű gyártó ipar nem tudta a tervezett időpontban átültetni a gyakorlatba.

Néhány fontosabb eszköz a gépjárművek emisszió mérésére, illetve csökkentésére:

- intelligens szenzorok,
- OBD (On-board diagnostics) és OBM (On-board measurement) rendszerek,
- aktuátorok,
- hardver, szoftver.

Az elektronika értékének részaránya a gépkocsi teljes értékéhez viszonyítva 2008 és 2018 között 22%-ról kb. 32-35%-ra fog nőni. 2018 és 2028 között a növekedés töretlenül halad és 20 év múlva a gépkocsiba beépített elektronika értéke kb. a teljes költségek 42-45% lesz. A főbb

fejlesztési területek az üzemanyag fogyasztás csökkentése, a biztonság növelése, a hajtómű hatékonyságának az optimalizálása, a szórakoztatás és a komfort lesz.

Az emisszió csökkentését támogató fejlesztések a jövőben:

- Aerodinamika

A gépjármű egészét tekintve az aerodinamika növelése a legfontosabb külső feladat. Erre az áramlási modellek és a megfelelő szimuláció, valamint a szélcsatornában történő kipróbálás lesz továbbra is a megfelelő megoldás. A könnyű szerkezetes konstrukció, az anyagkutatás, a nano anyagok alkalmazása további eredményeket hozhat a súlycsökkentés terén. Az anyagtakarékos eljárások használata, pl. az ívfényhegesztés és a bionikus építési elvek megvalósítása további eredményt jelenthet ezen a téren.

- Befecskendezési technológia

A közvetlen befecskendezést alkalmazó technológia várhatóan tovább fejlődik (direct injection spark ignition DISI), amely a hagyományos befecskendezési technikával (port injected spark ignition PISI) szemben, az üzem teljes keresztmetszetét tekintve mintegy 8% üzemanyag megtakarítást jelenthet.

Otto motorok terén a közvetlen befecskendezés a sovány keverékkel való üzemvitelt fogja előtérbe helyezni. A hatékony keverékképzést a Lambda –szonda segítségével hatékonyan és pontosan be lehet állítani, a DENOx katalizátorral összekötve a rendszer garantálja az alacsony emissziós értékeket.

- CCS technika

A fejlődés során a dízel és az otto motor technikája egyre inkább közelíteni fog egymáshoz. A szintetikus üzemanyagok lehetőséget nyújtanak arra, hogy az égést mindkét esetben optimálisan lehessen szabályozni. A káros anyag kibocsájtás és a füstgáz utókezelés költségeinek együttes csökkentése csak akkor lehetséges, ha a nitrogén oxid emissziót rétegzett égési eljárással magában az égés térben sikerül csökkenteni anélkül, hogy a motor hatásfoka romlana. Ez a közvetlen befecskendezés (DI direct injection) bevezetésével az Otto és dízel motorokban jelentős fejlődésnek indult.

A közeljövőt a termodinamikailag egymáshoz igen közelálló „előre homogenizált dízel égéstechnika” (HCCL) és a „sovány keverékű öngyulladó Otto motor technika” (CAI controlled auto ignition) fogja fémjelezni. Ez a kombinált technika a CCS-ben (combined combustion system) testesül meg. Ennek az eljárásnak az alapja a megfelelő szintetikus üzemanyag, amelynek az illékonyága, a gyújtási tulajdonságai és a kémiai összetétele, valamint a forrástartomány kezdete és vége lehetővé teszi, hogy ne lépjen fel túl korai öngyulladás. Ilyen üzemanyag a GTL és ilyen kísérleti gépkocsi ma a fejlesztés alatt álló „dizotto”.

Egyéb megtakarítási lehetőségek

- a motorblokk megfelelő komplex kialakítása,
- duális rendszerű automata sebesség váltó energiatakarékos kialakítása,
- segédüzemi berendezések energia felhasználásának a csökkentése,
- gépjárművek súlyának csökkentése különböző ötvözetek alkalmazásával, könnyű szerkezetes technika fejlesztése.

8.3 Alternatív üzemanyag meghajtások

Alternatív meghajtású járművek elterjedéséhez azok alacsony áron való tartásáról kell gondoskodni. Ez megköveteli az akkumulátor és az üzemanyagcella árának intenzív csökkenését, valamint a bioüzemanyagok és később a hidrogén előállítási költségének csökkenését. Az alternatív meghajtású autók minden egységében az újrahasznosíthatóságnak közel 100%-ot kell elérnie.

Villanymotorral hajtott gépjárművek

Az elektromos meghajtású gépjárművek száma ma még igen alacsony a világon [5]:

- | | |
|-----------------------|-------------|
| – Egyesült Királyság: | 9 547 db, |
| – Norvégia: | 20 693 db, |
| – Franciaország: | 31 728 db, |
| – Japán: | 67 815 db, |
| – Németország: | 17 490 db, |
| – Hollandia: | 29 477 db, |
| – Kína: | 56 442 db, |
| – USA: | 173 597 db. |

A kulcskérdés az elektromos meghajtású gépjárművek elterjedésénél az akkumulátorok fejlődése. Már régóta foglalkozik az ipar a megfelelő akkumulátoros gépkocsi kifejlesztésével, sőt kaphatók is ilyen gépkocsik a piacon, de a meglévő típusok számos műszaki hátránnyal bírnak és igen drágák, ezért elterjedésük idáig erősen korlátozott volt. Az üzemanyag árak növekedésével azonban egyre inkább teret hódít az a gondolat, hogy a tisztán elektromos meghajtású gépkocsi, természetesen megújuló energiából előállított villamos energiával, valamint átszervezett forgalmi renddel és újszerű üzemanyag töltő állomásokkal, a jövő közlekedésében egy alapvető megoldást fog képviselni.

A jelenlegi elektromos meghajtású gépjárművek az akkumulátorokban lévő csekély energiasűrűség következtében lényegesen kisebb hatótávolsággal rendelkeznek, mint robbanó motoros társaik. A maximális sebesség általában 130 km/h. A feltöltés kb.100-szor tovább tart, mint a robbanó motoros gépjárművek megtankolása.

Az akkumulátorok típusai:

- Savas ólomakkumulátorok

A savas ólomakkumulátorokat ma egyre inkább felváltja a nikkell és a lítium rendszer. A géllal töltött ólom akkumulátorok nagy előnye, hogy nem igényelnek külön ápolást, és egy feltöltéssel kb. 50 km-t is biztosítani tudnak a városi forgalomban. Hátrányuk, hogy erősen hőmérsékletfüggők. Télen lényegesen megrövidül az egy feltöltéssel megtehető úthossz.

- Nikkell akkumulátorok

A nikkell akkumulátor rendszerek ma egyre szélesebb körben kerülnek alkalmazásra. Mivel a kadmium káros a környezetre, ezért ezt fémmhibriddel váltják ki a gyártók. Ezeknél az akkumulátoroknál a 10 éves élettartam és a 2000-es feltöltési ciklus nem ritkaság. Ez a konstrukció az ólom akkumulátornál lényegesen alacsonyabb áron előállítható. Elektromos gépkocsiban az akkumulátort hűteni kell, -20°C alatt a rendszert viszont fűteni kell. Az elérhető maximális hatótávolság ma 80-100 km között van.

- Lítium akkumulátorok

A lítium akkumulátorok több mint 100 Wh/kg energiasűrűséggel és 300 W/kg teljesítménysűrűséggel rendelkeznek, amelyek kb. 200 km út megtételét teszik lehetővé. Környezeti vagy annál kissé magasabb hőmérsékleten kell őket üzemeltetni. A cella feszültsége 4 V. Hátrányuk a túltöltéssel szembeni érzékenység. Emiatt minden cellát külön kell ellenőrizni. Rövidzárlat estében is külön védelemre van szükség, hogy a környezetet egy esetleges robbanástól meg lehessen óvni. Az 21. táblázat a mai akkumulátor rendszerek főbb adatait tartalmazza.

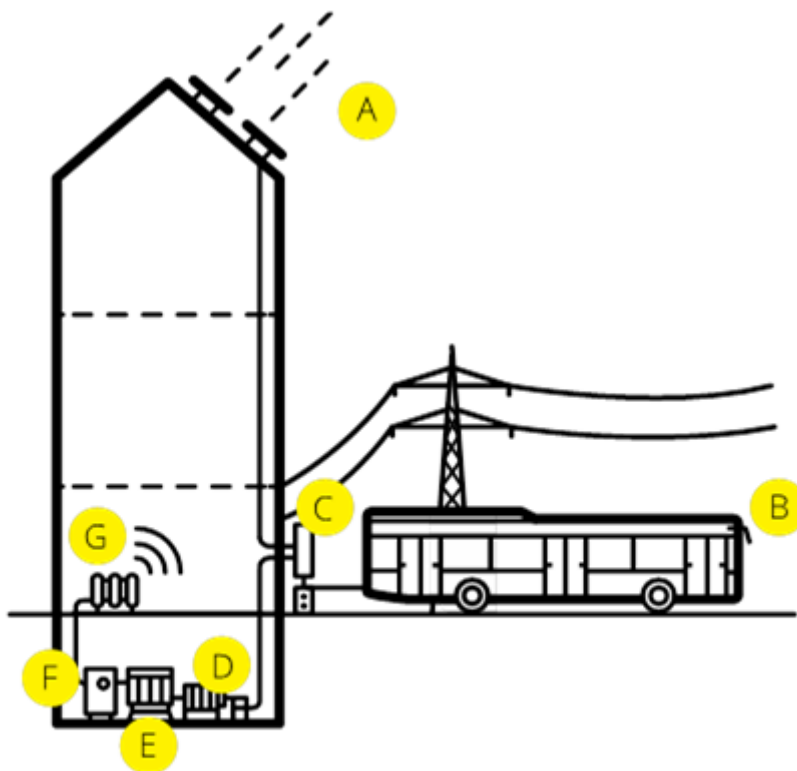
21. táblázat: Az elektromos autók akkumulátorának típusai

Akkumulátor típusa	Fajlagos energia [Wh/kg]	Energiasűrűség [Wh/l]	Fajlagos teljesítmény [W/kg]	Feltöltési ciklusok száma
Nikkel-kadmium	40	100	400	400
Nikkel-fém hibrid	90	245	180	600
Lítium-ion	155	410	300	500
Lítium-polimer	180	380	360	500
Lítium-vasfoszfát	90-110	220	3000	1000 (80%), 2000 (60%), 10000 (90%-os kisütés esetében)
Li-ion vékony réteg	250	1041	2500	1000
NaS vékony réteg	300	959	6000	40000

Az elektromos meghajtású gépjárművek sikere érdekében az akkumulátorok erő- és energia sűrűségét kb. meg kell kétszerezni. Megoldandó feladat még az akkumulátorok energiatároló kapacitásának, térfogatának, súlyának, feltöltési idejének és teljesítmény leadásának, az akkumulátor managementjének és az ehhez tartozó teljesítmény elektronikának a javítása, valamint a biztonsági igényeknek a fokozott figyelembe vétele. Különösen a lítiumos technika rejt nagy lehetőségeket a közlekedés megreformálása terén, bár ezek jelenlegi hatósugara még mindig csak az egyharmada a hagyományos üzemanyaggal meghajtott gépjárművekkel elérhető távolságnak (600 km).

Gond, hogy a hatótávolság növelésével arányosan általában emelkedik az akkumulátor súlya és térfogata. Az árak is túlságosan magasak, hiszen a mai elektromos gépjárművek minden hiányosságuk ellenére kb. egy árszinten vannak a belső égésű motorral rendelkező típusokkal, amely túlzó és nem felel meg a valódi értékarányoknak.

A legjobb alkalmazási területe az elektromos közlekedés bevezetésének a városi buszközlekedésben van. A buszok előre tervezett útvonallal rendelkeznek, amely alatt 2-3 km-ként megáll, így akkor lehetőség van a gyors újratöltésre, lásd a 78. ábrát.



- | | | |
|-----------------------------|-------------------------|----------------------|
| A Napelem | D Generátor | F Boiler |
| B Elektromos motor | E Stirling-motor | G Belső fűtés |
| C Akkumulátor töltés | | |

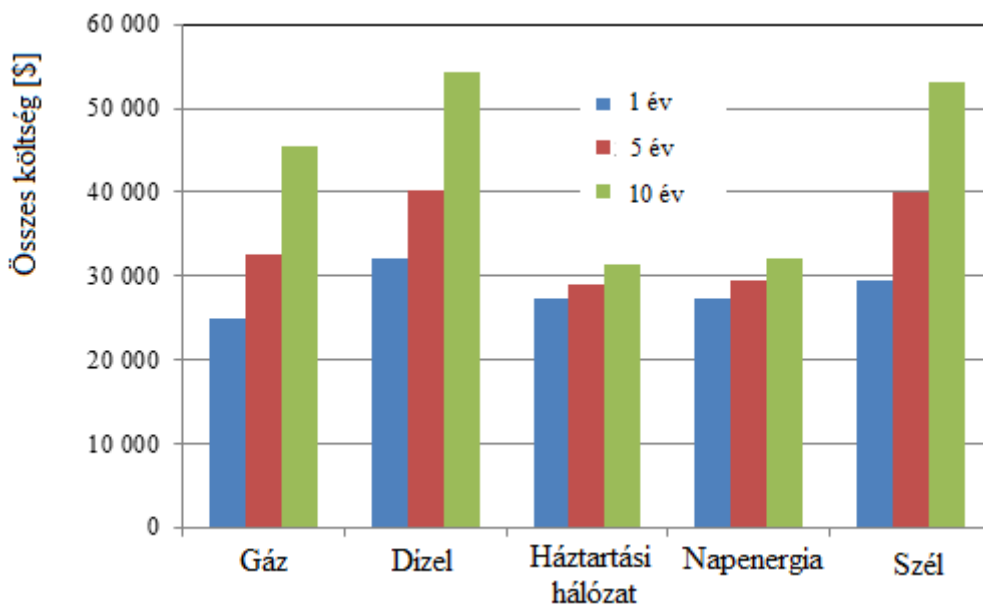
78. ábra: Elektromos buszközlekedés

Az elektromos áram alapú közlekedés nagy előnye, hogy kisebb nap-és szélenergiaátalakítók alkalmazására van lehetőség a töltő vagy csere állomáshoz csatlakoztatva. Ez a megoldás hozzájárul a városi területek levegő minőségének javításához, különösen a nagyvárosokban, lásd a 79. ábrát.



79. ábra: Napelemmel felszerelt töltő állomás 10 elektromos autó töltéséhez [6]

Az elektromos gépjárművek környezetbarát módon való töltésére hosszú távon alkalmas lehet a napenergia. Mint a 80. ábra mutatja, a fosszilis üzemanyaggal működő jármű olcsóbb rövidtávon, de kevésbé környezetbarát.



80. ábra: A hagyományos és az elektromos gépjárművek költségei és karbon kibocsátása

- Hibrid meghajtások

A hibrid hajtóművet ma már számos gépkocsiba szériaterméként építik be. Közös jellemzőjük, hogy több mint egy energiaforrás és több mint egy energia átalakító egység található bennük.

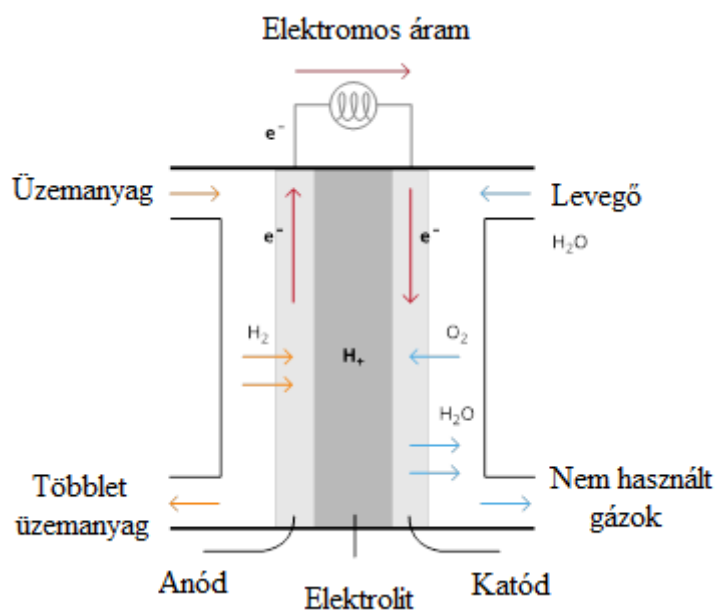
A hibrid rendszer előnye az egyes meghajtó rendszerek összekapcsolásában rejlik. Ezekben a járművekben az üzemi állapot függvényében mindig a legelőnyösebb tulajdonságokkal rendelkező rendszer hajtja a gépjárművet. Ha nagy erőkre van szükség, pl. a gyorsításnál, akkor

a belső égésű motor kerül alkalmazásra, hegyről lefelé haladva, vagy a városi „stop and go” viszonyok között viszont az elektromotor jelenti az optimális működést.

A hibrid gépkocsi bonyolultabb felépítésű és drágább, mint a csupán belső égésű motorral rendelkező társa. További hátránya a részterhelésnél jelentkező csökkenő hatásfok, valamint a nem teljesen emisszió-mentes üzem.

- Üzemanyagcella

Az üzemanyagcella már mintegy 150 éves múltra tekint vissza, de a gyakorlati bevezetéséhez az iparnak az utóbbi évtizedekig egy sor akadályt kellett legyőznie. Az üzemanyag cella (FC fuel cell) egy olyan elektrokémiai berendezés, amelyben a tüzelő anyag kémiai energiája a levegő oxigénjével folyamatosan elektromos energiává alakul át, lásd a 81. ábrát.



81. ábra: Az üzemanyag cella felépítése és működése [7]

Szerepe hasonlít az akkumulátorhoz, hiszen ez a berendezés is elektromos energiát szolgáltat. Szemben az akkumulátorral, amely az energiát csupán tárolja, addig az üzemanyagcella az energiát egy lángtalan égés és az ennek következtében létrejövő elektrokémiai folyamat során a helyszínen állítja elő.

Tüzelő anyagként főként hidrogén szolgál. Metánolt és metánt, azaz földgázt is lehet használni, de ezt reformálással először hidrogénné és CO₂-vé kell átalakítani. A földgáz bontása ma csak magas hőmérséklet mellett lejátszódó parciális oxidációval lehetséges, amely adott esetben kokszképződéshez és ez által a reformálás során felhasznált katalizátor tönkremeneteléhez is vezethet.

Különös figyelemmel kell lenni a földgáz ingadozó kéntartalmára, amelyet abszorpció útján teljesen el kell távolítani a földgázból. Amennyiben ez nem sikerül, úgy az elektrokémiai berendezés, az üzemanyag cella, igen rövid időn belül tönkremegy. Hasonló szigorú feltételeket kell a reformáláshoz felhasznált víznek is teljesítenie. A minőséget ioncserélőkkel kell biztosítani. Mind a két alkatrész, a kénleválasztó és a víz előkészítő modul rendszeresen cserélendő. A technika mai állása szerint az égető cella kb. 20 hónaponként szintén felújításra szorul, mivel a membrán elöregedéséből adódóan a feszültség szintjének és a hatásfoknak a romlása, azaz a cella degradációja lép fel.

Az elmúlt évek sikeres fejlesztései az alacsony hőmérsékletű üzemanyag cellák terén a széles körű gyakorlati bevezetést, ha nem is a közeli, de a távolabbi jövőben valószínűsíti. A mai napig az üzemanyag cellákat a közlekedésben csupán tengeralattjárókban és űrkutatási berendezésekben használják. Kísérletek folynak kisméretű cellák alkalmazására gépjárművekben, amelyek a belső égésű motorokat egészítenék ki. A magas hőmérsékletű üzemanyag cellák kifejlesztése könnyítene a cellán belüli üzemanyag ellátás gondjain.

A fő gond továbbra is a magas ár és a hidrogénnek, mint üzemanyagnak az előállítása. A hidrogénnek alapvető hátránya a csekély energiasűrűség, a nagy illékonyság és az erős robbanásveszély. A gyakorlati alkalmazást negatívan befolyásolja a biztonságtechnikával szemben még ma is fellelhető bizalmatlanság.

A hidrogén technika bevezetése ma még a távolabbi jövőt jelenti. Itt csak 2030 után várható, hogy a megújuló úton előállított hidrogén jelentősége nagymértékben megnövekszik. Jelenleg földgáz alapú hidrogéngyártással találkozunk világszerte, amely teljes mértékben környezetkárosító megoldás. De jelenleg még nincs megoldva sem az elosztó hálózat kivitelezése, sem a gépkocsin belüli tárolás.

8.4 Fosszilis üzemanyagok vs. alternatív üzemanyagok

8.4.1 Az üzemanyagok osztályozása

Az üzemanyagok osztályozásának nagyon sok fajtája ismert. A belsőégésű motorok működéséhez szükséges üzemanyagok csoportosítása az alábbi:

A működés során betöltött szerepük szerint lehetnek:

- motorhajtóanyagok,
- kenőanyagok,
- egyéb anyagok (pl. hűtőfolyadékok).

A motorhajtóanyagokból a motorokban történő elégetés során mozgási energiát állítunk elő. Ezek elterjedésük szerint lehetnek:

- hagyományos motorhajtóanyagok,
- alternatív motorhajtóanyagok, valamint
- ezek keverékei.

A hagyományos hajtóanyagok fosszilis eredetűek, felhasználásuk már több mint 100 éve folyamatos fejlődésen megy keresztül. Az alternatív motorhajtóanyagok eredet szerint a következők lehetnek:

- fosszilis, pl. kőszénből előállított alkoholok,
- biomasszára alapozott bioüzemanyagok,
- egyéb, például nap-, szél-, víz-, vagy geotermikus energiából előállított elektromos áram, stb.

Napjaink gépjárműveinek 97%-a belsőégésű motorral rendelkezik, jelenleg ezen járművek legnagyobb része (97%) gázolajjal működik.

A biomassza alapú motorhajtóanyagokat három nagy csoportra bonthatjuk:

- első generációs motorhajtóanyagok,
- második generációs motorhajtóanyagok,
- harmadik generációs motorhajtóanyagok.

A bioüzemanyag-termelés során a biomassza forrásnak számos feltételnek kell megfelelnie:

- szükséges mennyiségben álljon rendelkezésre,
- nem lehet versenytársa a minőségi gabonatermésnek,
- a költségeknek a fosszilis üzemanyagokkal versenyben kell állnia,
- kevés változtatással alkalmasnak kell lennie a jelenlegi betakarítási technológiának és a szállítási infrastruktúrának,
- kedvező energiamérleggel kell rendelkeznie,
- a termelési folyamatnak környezeti szempontból fenntarthatónak kell lennie.

A vidéki és városi környezetben egyaránt a fás biomassza egyike azon kevés biomassza alapanyagoknak, amely megfelel az összes feltételnek.

Az első generációs motorhajtóanyagokat (pl. biodízel repceből vagy bioetanol kukoricából) szerte a világon nagymértékben hasznosítják. A technológia rendelkezésre áll, hazánkban is folyamatosan növekszik az ezeket előállító üzemek száma. Hátrányuk, hogy fokozzák az élelmiszer konfliktust, emellett a klímaváltozás kiszámíthatatlanná teszi a szükséges alapanyag folyamatos rendelkezésre állását. A bioüzemanyag célú biomassza termelés nagy beruházást igényel, hogy garantálja a stabil termelést hosszútávon. Víz tározók, vízelvezető

rendszerek, új meliorációs technológia, stb. tartoznak a beruházáshoz kapcsolódó feladatok listájába. A 22. táblázat ezeket a szempontokat foglalja össze.

22. táblázat: A klímaváltozás hatásai a mezőgazdasági termelésre

Klimatikus elem	Várható változás 2050-re	A jóslat megbízhatósága	Hatás a mezőgazdaságra
CO ₂	360 ppm to 450-600 ppm-re növekedés	Nagyon magas	Kedvező a gabonatermesztésre nézve a növekvő fotoszintézis és a kedvezőbb vízhasznosítás miatt
Tengerszint	10-15 cm-es emelkedés	Nagyon magas	Termőföld elvesztés, tengerparti erózió, talajvíz
Hőmérséklet	1-2°C-os emelkedés, telek melegedése	Magas	Gyorsabb, rövidebb, korábbra tolódó tenyészidő, magasabb tengerszint, növekedő párolgás
Csapadék	Évszakos változás ± 10%-kal	Alacsony	Magasabb az aszály kockázata, csökken a talaj művelhetősége, víztartalékolás öntözéshez, párolgás változás
Vihar	Növekvő szélsőségek, különösen északon, intenzívebb csapadék események	Nagyon alacsony	Talajerózió, csapadék csökkenő beszivárgása a talajba
Változatosság	Növekvő mértékű változások a klimatikus tényezőkben, bizonytalanság az előrejelzésben		Változó az események bekövetkezésének kockázata (hóhullámok, fagy, aszály, árvíz) amely hatással van a gabonatermesztésre és ezáltal a mezőgazdasági tevékenységek ütemezésére



82. ábra: Extrém időjárás hatása a kukoricára [8;9;10;11]

A második generációs motorhajtóanyagok (pl. bioetanol lignocellulózból) gyártása kísérleti fázisban van. Számos kutatás folyik a minél hatékonyabb előállítás érdekében. Sok előnyük van, többek között hasznosíthatóak a mezőgazdasági melléktermékek, mint például a szár és szalma, így azok nem kerülnek elégetésre a szántóföldön. Emellett lehetséges a fás biomassa alapanyagként való felhasználása is. Hosszú távon a rövid vágásfordulójú energetikai ültetvények alkalmazása a legjobb módja annak, hogy elkerüljük az élelmiszerkonfliktust. Az energiacélú fás biomassa képes jelentősen enyhíteni a környezeti és gazdasági stresszt, és segít mérsékelni a kibocsátott üvegházhatást okozó gázok mennyiségét, amennyiben a termelés a lehető legalacsonyabb CO₂ kibocsátás mellett valósul meg.

Ezen kívül nagy mennyiségű fás biomassa is rendelkezésre áll a rovarok károsítása, betegség, valamint a szélsőséges időjárási viszonyok miatt, lásd 83. ábra.



83. ábra: Erdészeti károk az extrém időjárási események következtében [12; 13]

Optimális erdőgazdálkodás csökkentheti az éghajlatváltozás hatásaitól való függőséget, például az erdőtüzek következtében kialakuló veszteségeket, illetve a rovarok és a fabetegségek következtében kialakult károkat.

A harmadik generációs motorhajtóanyagok (hidrogén) iránt is egyre növekszik az érdeklődés, azonban előállításuk nagyon költséges. A jelentősebb ipari mennyiségben történő gyártását és felhasználását csak 2020-as évekre tartják megvalósíthatónak.

Algából történő nagyobb mennyiségű bioüzemanyag előállítás szintén csak a távoli jövőben valósulhat meg. Az összegyűjtött használt sütőolaj fontos eleme a bioüzemanyag-termelésnek, de még nincs kiterjedt kereslet rá.

A főbb üzemanyag fajták jellemzői

- Benzin és gázolaj

A hagyományos kőolaj alapú üzemanyagok közül a szuper és a dízel, dráguló tendenciával ugyan, de egyértelműen megmarad a legfontosabb üzemanyagnak.

- Biodízel, bioetanol

A hagyományos üzemanyagokkal keverve alkalmazhatóak, nem szükséges a fosszilis üzemanyagra tervezett gépkocsik befecskendezési technikájának megváltoztatása.

- CNG és LPG

A hagyományos üzemanyagok mellett már az elmúlt évtizedben megjelent a földgáz (CNG compressed natural gas) és a propán-bután gáz (LPG liquified petroleum gas) az üzemanyag piacon.

A CNG és LPG meghajtású gépjárművek nem képesek módosítás nélkül más üzemanyaggal is működni. Ezért a bivalens gépjárműveket már a gyártás során mind a két üzemanyag fajta felhasználására alkalmasnak kell megépíteni az átkapcsolás lehetőségével.

Ugrásszerű fejlődés nem volt tapasztalható az elmúlt évtizedben ezek felhasználását tekintve és ilyen a jövőben sem várható. A hagyományos üzemanyag ellátó hálózattal szemben a földgáztöltő kutak kiépítettsége igen gyenge, a földgázban rejlő energia sűrűsége meglehetősen csekély, és a földgáz ára kapcsolódik az olaj árához, ezért azzal párhuzamosan emelkedik vagy csökken. A hagyományos üzemanyagokkal üzemeltetett gépkocsikkal szemben a földgáz technológiával felszerelt gépkocsik az üzemanyag bonyolultabb tárolása és igényesebb kezelése miatt drágábbak.

- LNG és hidrogén

LNG (liquified natural gas) és hidrogén esetében csak akkor lehet tényleges gyakorlati áttörésről beszélni, ha a gépkocsik üzemanyag tartalva nagyobb és tömörebb lesz. Ezen üzemanyagok bevezetésénél még számos gyártási és felhasználói probléma is jelentkezik. Alkalmazásában nem várható 20 éven belül áttörés.

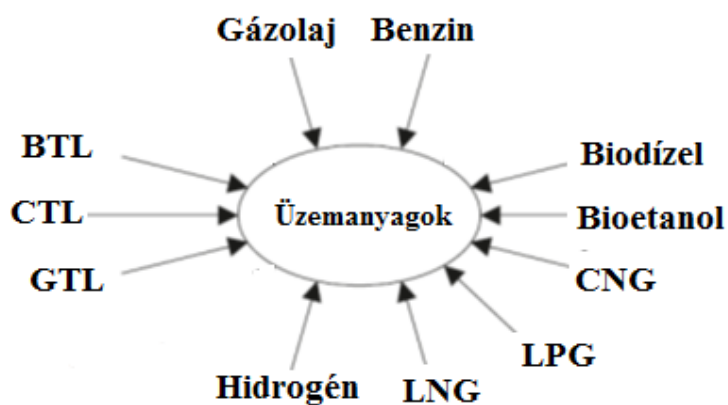
- Szintetikus üzemanyagok

A szintetikus üzemanyagokat synfuelnak, a megújuló forrásokból előállított üzemanyagokat sunfuelnak is hívják, lásd a 23. táblázatot.

23. táblázat: A sun-és a synfuel bevezetésének várható időpontja

Bázis technológia	Megnevezés	Bevezetés
Kőolaj alapú termék	Dízel/Benzin	Ma
Földgáz alapú termék	Synfuel	2010 – 2020
Regeneratív	Sunfuel	2020 – 2030
	Hidrogén	

Mesterséges üzemanyag a GTL (gas to liquid) és a CTL (coal to liquid), regeneratív üzemanyag a biodízel, a bioetanol vagy a BTL (biomas to liquid). A főbb üzemanyag fajtákat a 84. ábra tartalmazza.



84. ábra: A főbb üzemanyag fajták

A 24. táblázat a mai gázolaj és a közeljövőben a piacon megjelenő GTL főbb tulajdonságait mutatja.

24. táblázat: Üzemanyagok főbb minőségi jellemzői

Megnevezés	Dízel üzemanyag	GTL üzem-anyag	Előnyök és hátrányok
Kéntartalom ppm	10-5000	0	- Alacsonyabb helyi SO ₂ és PM emisszió, - Egyszerűbb füstgáz utókezelési technika alkalmazása.
Cetán szám	40-55	75-80	- Alacsonyabb CO, HC és NO _x emisszió, - Alacsonyabb zajszint, egyenletesebb gyorsulási magatartás, - Magasabb tüzeléstechnikai hatások a motorban.
Sűrűség kg* l-1	0,82-0,86	0,78	- A térfogatot tekintve megnövekedett fogyasztás - Kisebb PM emisszió.
Fűtőérték MJ*kg ⁻¹	kb. 43	44,1	- A tömeget tekintve csekélyebb fogyasztás, - Csekélyebb CO ₂ emisszió megtett. kilométerenként

Az alternatív üzemanyagok fizikai és kémiai tulajdonságai esetenként jelentősen eltérhetnek a fosszilis üzemanyagokétól, ezért gyakran jelentős változtatás szükséges az üzemanyagtartály kialakításában, illetve az üzemanyag-ellátó rendszerben és a motorban, lásd a 25. táblázatot.

25. táblázat: Alternatív üzemanyagok tulajdonságai

Üzemanyag	Relatív sűrűség	Relatív energiatartalom tömegegységenként
Gázolaj, Diesel	1,0	1,0
Benzin	0,89	
Etanol	1,00	0,51
Metanol	1,00	0,46
LNG	0,54	0,62
CNG	0,36	
Folyékony hidrogén	0,26	0,25

8.4.2 Üzemanyag a jövőben

A bioüzemanyagok már jelenleg is erősen növekvő arányban vesznek részt az üzemanyag ellátásban, ez a mezőgazdaságban a termékek megdrágulásához és a termőterületek intenzívebb felhasználáshoz, élelmiszerkonfliktushoz vezet. Emellett a bioüzemanyagok termesztése erősen klímfüggő.

A bioüzemanyagok, annak ellenére, hogy a kivétel nélkül a mező- és az erdőgazdasági tevékenységből származnak, igen eltérő kémiai és fizikai tulajdonságokkal, valamint energiataralommal rendelkeznek, lásd a 26. táblázatot.

26. táblázat: 1 hektáron megtermelhető biomasszából nyert üzemanyaggal megtehető távolság közép kategóriás gépkocsival

Üzemanyagfajta	Megtehető távolság [km]
Biodízel 1)	21 500
Bioetanol 2)	22 500
Cseppfolyós biomassza	60 000
Biogáz 3)	67 000
Áram plug in hybrid meghajtással	3 250 000

¹⁾ átlagos energia felhasználás: 16 kWh/100 km

²⁾ átlagos fogyasztás: 7,4 l/100 km

³⁾ átlagos fogyasztás: 6,5 l/100 km

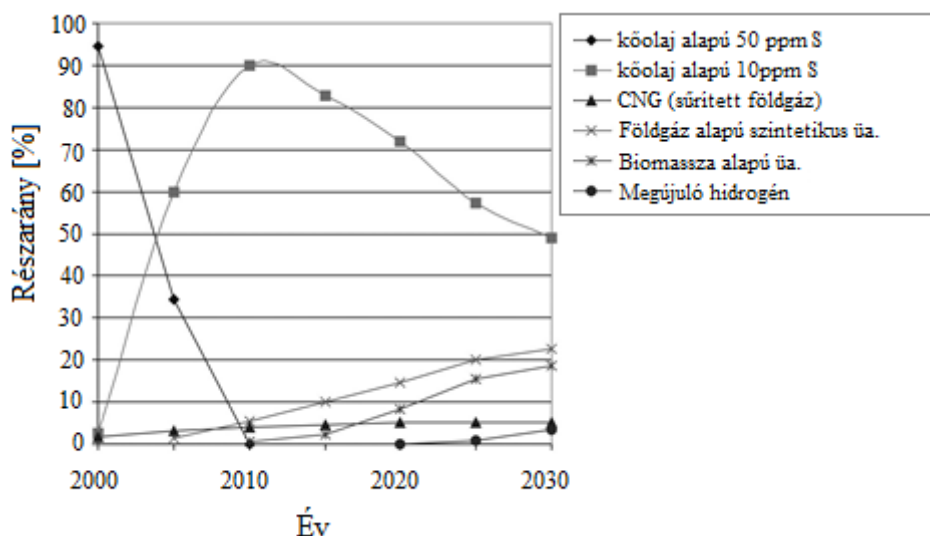
A szintetikus üzemanyagok között a GTL az egyetlen üzemanyag, amely reális piaci kereslettel számolhat néhány éven belül. Itt két típus fog a közeljövőben a piacra kerülni, a GTL 30, amely 30%-ban GTL-t és 70%-ban hagyományos üzemanyagot, valamint a GTL 100, amely tiszta szintetikus üzemanyagot jelent.

A GTL100 bevezetését jelenleg a Shell a Katarban épülő feldolgozójában céltudatosan készíti elő. Itt mintegy 1600 millió m³/nap gázfogyasztással, 120 000 barrel/nap kondenzátummal, pl. LPG-vel és etánnal, valamint napi 140 000 barrel GTL termeléssel lehet számolni.

Az üzemanyag gyártás terén kb. 5%-os határfokjavulással lehet az elkövetkező két évtizedben számolni. A fejlődés igen lassú lesz, mivel az üzemanyaggyártás sokkal erősebben tőke és beruházás igényes, mint a gépkocsigyártás. A leghosszabb előkészületre a bioüzemanyaggyártásnak van szüksége. Ennek lerövidítése érdekében jelentős javulást kell még a bioetanol és a biodizel előállítás terén elérni.

Sokkal hosszabb előkészületet igényel a CTL, főként azonban a megújuló bázissal rendelkező hidrogéngyártás, bár a fejlesztés sebessége előre láthatóan párhuzamosan fog mozogni az üzemanyagok jövőbeli árával. Ha nagyon nagy hiányok fognak a kőolaj ellátás terén fellépni,

akkor várhatóan a CTL és a hidrogén technika fejlesztési munkái is jelentősen fel fognak gyorsulni, lásd a 85. ábrát.



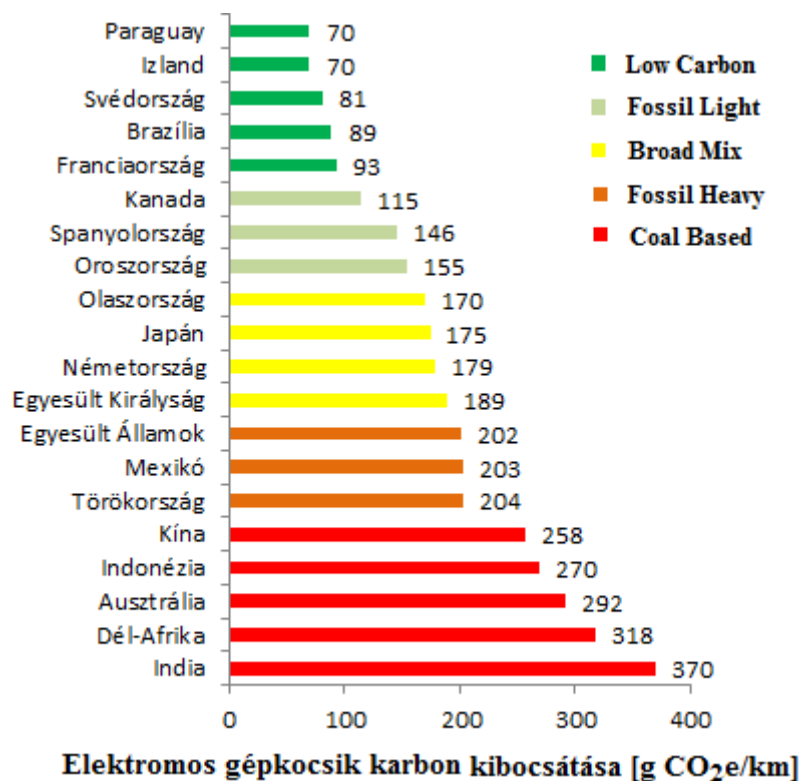
85. ábra: Az egyes üzemanyag fajták várható piaci részaránya

A napelemmel működő autó lehet a jövő gépjárműve, azonban ezek ma még nem alkalmazhatóak, mivel a napelemek alacsony hatásfoka (15-16%) nem teszi lehetővé a napi használatot. Folyanak napjainkban is már kísérletek, azonban csak nagyon rövid távolságok megtételére képesek a napelemes autók. Csak a kisméretű, valamint könnyűsúlyú konstrukció kifejlesztése és a forgalomszabályozás javíthat ezen.

8.5 Közlekedési eszközök emissziója

A gépjárművek levegőszennyezése füst és káros gázok által - elsősorban szén-oxidok (CO), el nem égett (CH), kén (SO₂) nitrogén (NOx) részecskék (PM), lebegő por (TSP), 10 mikron vagy annál kisebb átmérőjű belélegezhető részecskék (PM10), 2,5 mikron vagy annál kisebb átmérőjű nagyon finom részecskék (PM2,5) - történik. A legnagyobb légszennyezést a fosszilis tüzelőanyagok elégetése eredményezi, különösen belső égésű motorokban.

Az elektromos autókhoz kapcsolható szén-dioxid-kibocsátása azokban az országokban, ahol magas a szén, olaj vagy gáz alapú villamos energiatermelés CO₂ kibocsátása, nem különbözik az átlagos benzin vagy dízel járművek emissziójától. Mint azt a 86. ábra szemlélteti, azokban az országokban alacsony a szén-dioxid kibocsátás, amelyekben nagy a megújuló energia részaránya az energiatermelésben és amelyekben a fosszilis erőművek jó hatásfokkal üzemelnek.



86. ábra: CO₂ emisszió a villamosenergia termelésben és a jármű gyártásban [14]

Az elektromos autók karbon-emissziója négyszer akkora lehet azokban az országokban, ahol a szén dominál, mint azokban, ahol alacsony a szénerőművek száma. [14]

A légszennyezés hatékonyan csökkenthető, ha a használt gépjármű és az alkalmazott üzemanyag-technológia egyaránt fenntartható alapokon nyugszik.

A fosszilis üzemanyag meghajtású autók CO₂-kibocsátása függ a súly, a teljesítmény, a kihasználtság, a forgalom és a járművezető ökövezetési tudásától. Elektromos járművek CO₂-kibocsátása függ az energiatermelés emissziójától. Megújuló energiaforrást hasznosító erőművek csak kis mennyiségű CO₂-t bocsátanak ki. Ezeknél az energiatermelés napelemekre vagy szélerőművekre alapozzák.

A szektoronkénti CO₂ kibocsátás Európában, mint a világon mindenhol, a közlekedés rohamos fejlődését mutatja. Az 1990-es bázisú vetítve a szektorok között a közlekedés várható fejlődése a legjelentősebb, lásd a 27. táblázatot.

27. táblázat: Az egyes szektorok várható fejlődése

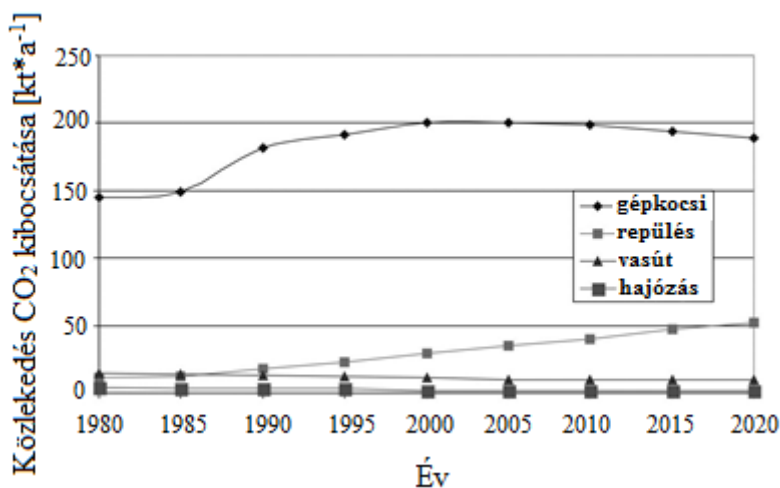
évek	2008	2018	2028
Szektorok	[%]	[%]	[%]
Elektromosság/hőtermelés	- 20	+ 160	+ 370
Ipar	- 180	- 170	- 160
Közlekedés	+ 310	+ 420	+ 470
Egyéb szektor	- 140	-130	- 120

A 2008-as évben az EU-ban mintegy

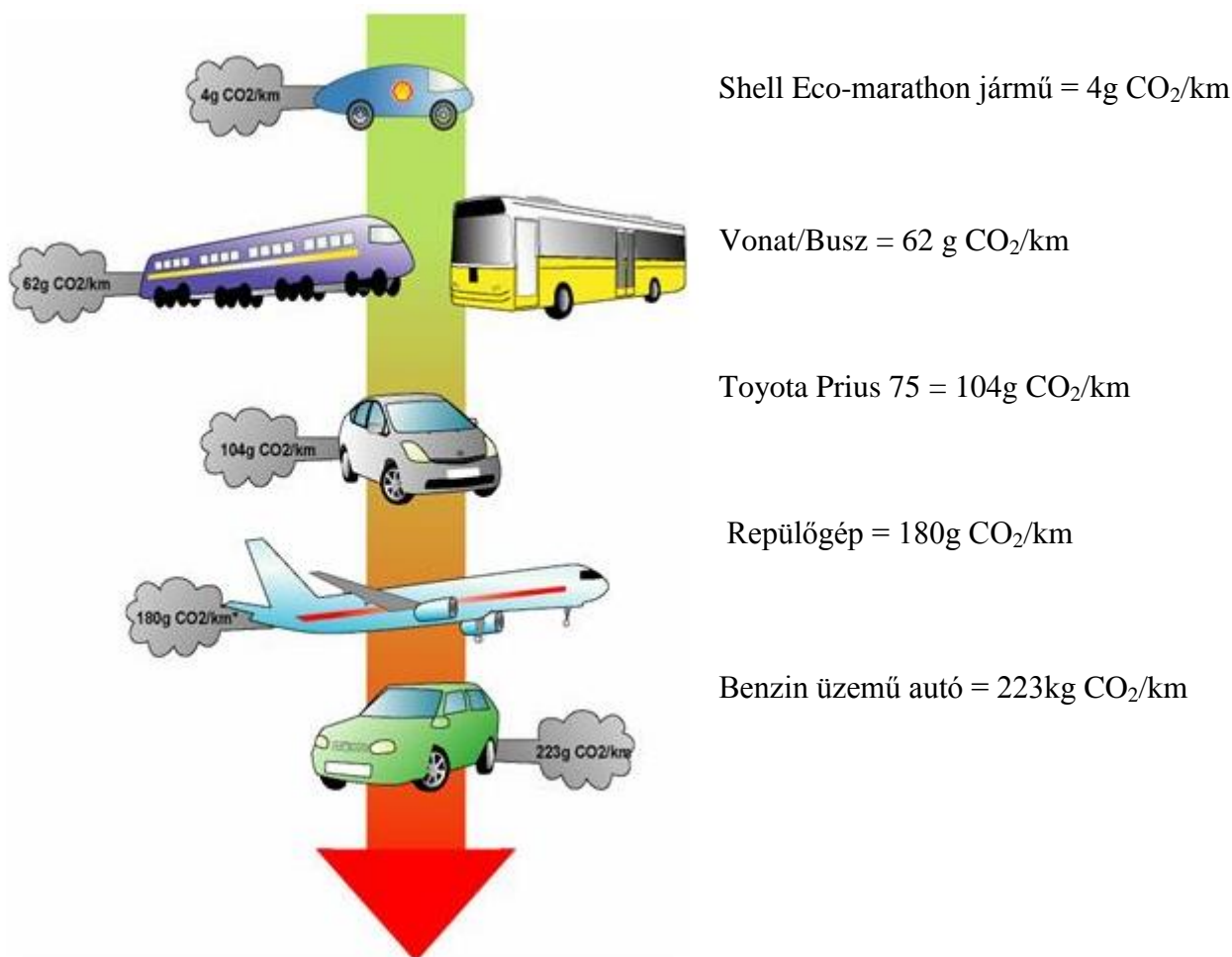
- 1500 mill. t CO₂ szabadult fel a kapcsolt elektromos áram és hőtermelés során,
- 600 mill. t az iparból,
- 1000 mill. t a közlekedésből, és
- 260 mill. t az egyéni háztartásokból.

A táblázat szerint a CO₂ emisszió arányok erőteljes eltolódása várható a közlekedés, valamint a kapcsolt energia- és hőtermelés irányába tolódni 2028-ra.

A 87. ábra szerint a közlekedésen belül különösen erősen fog növekedni a hajózás, a légi forgalom és a nehéz teherforgalom által kibocsátott CO₂ mennyisége.



87. ábra: Az egyes közlekedési ágazatok CO₂ kibocsátása [15]



88. ábra: A közlekedésben részt vevő gépjárművek CO₂ emissziója egyetlen utasra vonatkoztatva [18]

8.5.1 Az egyes üzemanyagok emissziója

- Hagyományos fosszilis üzemanyagok

A gázolaj alkalmazása modern dízel motorokban a benzinnel szemben napjainkban nagyobb teljesítményt biztosít, (kb. 38,6 MJ/l gázolaj esetében, 34,6 MJ/l benzin esetében) és az üzemanyag felhasználás is mintegy 1,5-szer gazdaságosabb. Annak ellenére, hogy dízel üzemanyag esetében több CO₂ termelődik egységnyi felhasznált üzemanyag mennyiségéből, a dízel motoroknak magasabb hatékonyságuk van, mint a benzin motoroknak. Ezért ugyanazon a távolságon a dízel motorok mintegy 20%-kal kevesebb CO₂-t és mintegy 50%-kal kevesebb CO-t bocsátanak ki, mint a benzin üzemű gépjárművek.

Fontos tény ugyanakkor, hogy a dízel üzemanyag alkalmazása során kb. 24-szer több NO_x szabadul fel, mint benzin esetében ugyanannyi üzemanyag felhasználás alatt. A dízelüzemű gépjárművek mellett fekete kormot is kibocsátanak. Itt a részecszeszűrő szolgáltatást megoldást a szennyező anyag kibocsátás csökkentésére.

- Bioüzemanyagok

Az első generációs bioetanol, biodízel üzemanyagok 20-50%-os károsanyag kibocsátás csökkenést okoznak a hagyományos fosszilis üzemanyagokhoz képest a teljes életciklus alatt.

Ha az energiamérleget nézzük a legkedvezőtlenebb a bioetanol alkalmazása, melynek energiamérlege 1,3-1,7, attól függően, hogy a termelés során keletkező mellékterméket hasznosítják-e vagy sem. A cellulózalapú bioüzemanyag-előállítás energiamérlege a legjobb. Itt 4,6 az output és input aránya. [16]

A cellulóz alapú etanol 75%-kal kevesebb CO₂-t termel, mint a normál benzin, míg a BtL-dízel eljárás akár a 90%-ot is elérheti. Tovább csökkenti a káros anyag kibocsátás mértékét az is, hogy eddig a nem hasznosított mezőgazdasági melléktermékek, mint a kukorica- és a búzaszár is felhasználásra kerülnek. Ezeknek egy részét idáig a helyszínen elégették.

- Az új üzemanyagok égési tulajdonságai CIDI (Compression-Ignition Direct-Injection) (nyomás alatti gyújtás közvetlen befecskendezésű) motorok esetében

Az elégetlen szénhidrogének (HC) koncentrációja a füstgázban becslések szerint. 45-60%-kal, a szénmonoxid (CO) koncentrációja mintegy 40-80%-kal fog csökkenni a jövőben. GTL alkalmazása esetén az NO emisszió 35-45%-kal fog csökkenni, amely által a füstgáz visszakeringtetési aránya visszafogható lesz. Ez a hatékonyság emelkedéséhez vezet majd. A koromképződés mintegy 25-40%-os csökkenése következtében a regenerálható szűrőre már nem lesz szükség. A CO₂ kibocsátás dízelhez viszonyítva nem csökken, sőt 20 év múlva sem várható változás a teljes termelési láncot tekintve.

- Az új üzemanyagok felhasználása SI (spark ignition, osztott befecskendezésű) motorokban

Hagyományos dízelmotorral összehasonlítva az SI motorok hatékonysága a várható súlycsökkenés és a közvetlen befecskendezés, valamint a szintetikus üzemanyagok kedvező égései tulajdonságai következtében mintegy 30-40%-kal fog megnövekedni. Ez esetben még szükséges a koromszűrő alkalmazása, de ez a motor hatékonyságát némiképpen csökkenteni fogja.

- Üzemanyagcellás gépjárművek

Gépjárművek esetében figyelembe kell venni az üzemanyag előállításához szükséges lánc környezeti és gazdasági vonzatait. Ez a szemlélet a következő elemekből tevődik össze:

- WTW Well to Wheels Methodology (az üzemanyag gyártás kezdetétől a kerékig),
- WTT Well to Tank (az üzemanyag gyártás kezdetétől a gépjármű üzemanyag tartályáig),
- TTW Tank to Wheels (a gépjármű üzemanyag tartályától a kerékig).

A teljes energetikai láncot tekintve az üzemanyag cellás gépjárművek WTW hatásfoka kb. megegyezik a modern dízel gépkocsik hatásfokával.

A TTW hatásfok az üzemanyag cellás gépkocsikban a hidrogén tározó tartálytól a kerékig kb. 30%-ra csökken. Ebben a folyamatban szerepet játszanak az égető cella üzeméhez szükséges kiegészítő berendezések, mint a légkompresszor, a hűtőszivattyú, a léghűtő, adott esetben a reformer, valamint a járulékos mérő, szabályozó és vezérlő szerkezetek. Ezeknek a periférikus elemeknek az energia igénye akár a 25%-ot is elérheti.

Az üzemanyag cellás gépjárművek energia felhasználása 1,2 és 1,7 MJ/km között mozog, amely lényegesen alatta marad a belső égésű motorok 1,8 és 2,4 MJ/km nagyságrendű energia felhasználásának. Ez utóbbi 8,15 l/100 km üzemanyag fogyasztásnak felel meg. Hibrid gépjárművek energia fogyasztása 1,6-1,7 MJ/km értéket tesz kis, amely a belső égésű motorok energia fogyasztása közelében helyezkedik el. Üzemanyag cellás gépjárművek fogyasztása ma 5,3 l/100 km szuper és 6,7 l/100km hidrogén érték körül mozogó.

- Hibrid motorok

A hibrid technika terén az új üzemanyagok bevezetésével mintegy 10-30%-os üzemanyag megtakarítást lehet majd elérni a hagyományos üzemanyagokkal szemben.

A hibrid technika a belső égésű motorral rendelkező gépjárművekkel szemben mintegy 25-30% klímagáz emisszió csökkenést jelent majd. Ez tovább fokozható, ha az akkumulátorral meghajtott villanymotor helyett üzemanyag cellával üzemeltetett elektromos meghajtást építenek be a gépjárművekbe. Ennek feltétele a megbízhatóan és gazdaságosan működő üzemanyag cella.

- Az új és a hagyományos üzemanyagok keverhetősége

A szintetikus, a biológiai és a hagyományos üzemanyagok bármilyen arányban keverhetők egymással. Amennyiben a hagyományos üzemanyagba kb. 10% szintetikus üzemanyagot, pl. GTL-t kevernek be, akkor a belső égésű robbanó motor kb. 4-5%-kal kevesebb CO₂-ot bocsát ki, mint tiszta benzin vagy dízel használata esetén.

GTL és BTL (biogas to liquide) szintén bármilyen arányban keverhető. A biológiai üzemanyagok hatékonyan csökkentik ugyan a CO₂-kibocsájtást, de lényegesen megemelik a gépkocsi gyártási és üzemeltetési költségeit.

A szintetikus és a biológiai üzemanyagok a hagyományos üzemanyag hálózaton belül szállíthatók, tárolhatók és a meglévő üzemanyagtöltő állomásokon forgalmazhatók.

A szintetikus és a biológiai üzemanyagok eredményesen alkalmazhatók a hajózásnál is. Ez különösen a kikötőkben fogja javítani a levegő minőségét, ahol a hajók dízelmotorjából kikerülő káros anyagok, mint pl. HC, CO, NO, PM és SO₂ jelenleg még komoly szennyeződést jelentenek.

8.5.2 Intézkedések az európai közlekedésben

A CO₂ kibocsátás csökkentésére a következő intézkedések tűnnek alkalmasnak:

- a CO₂ kereskedelem bevezetése a teljes üzemanyag és a teljes felhasználói láncolatra,
 - az ökológiai adó alkalmazása a típus engedélyezés (NEDC New European Driving Cycle) során mért CO₂ kibocsátás függvényében,
 - a nehéz teherforgalomra kiszabható adó bevezetése, szintén a típus engedélyezés során mérve (ESC, ELR és ETC),
 - a közlekedést volumenét csökkentő települési és termelési szerkezetek tudatos kialakítása,
 - regionális gazdasági körfolyamatok erőteljes kiépítése.
- Együttműködés a gépjárműgyártók szövetségével

A rendkívül erősen növekvő CO₂ kibocsátás csökkentése érdekében az EU előre láthatólag egyeztető tárgyalásokat fog kezdeményezni az európai ACEA (European Car Manufacturer Association), a japán JAMA (Japan Automotiv Manufacturer Association) és a koreai KAMA (Korean Automotiv Manufacturer Association) gépkocsigyártók szövetségével és további hatékony fejlesztéseket fog javasolni.

- Flottaértékek meghatározása

Az Amerikai Egyesült Államokban a CAFE (Corporate Average Fuel Economy) a gépjárműflották CO₂-kibocsátására 12-nél kevesebb személyt szállító gépkocsik esetében előírja, hogy a 2008-ban érvényes 180 g*km⁻¹ értéknek 2020-ra 125 g*km⁻¹ értékre kell csökkennie. A tervek szerint a könnyű haszongépjárművek LDT<3,8 t (light duty vehicles) esetében a CO₂ kibocsátás a jelenlegi 250 g*km⁻¹ értékről 2020-ra 200 g*km⁻¹ értékre fog csökkenni.

- A petrokémiai tagozódás bevezetése a közlekedési CO₂-kereskedelemben

A CO₂-kereskedelmet a Kyoto protokoll léptette életbe 2005. február 16-án. A közlekedésre nem vonatkoznak pontos előírások vagy célkitűzések, mivel az itt felszabaduló klímagáz túlságosan sok egyedi forrásból tevődik össze, amelynek az ellenőrzése, az akkori álláspont szerint, csak nehezen volna megoldható. Hasonlóan kimaradt a hajózás és némi kitétel a légi forgalom is. Elektromos gépjárművek, pl. villanymozdonyok emissziója azonban korlátozás alá esik, ha a meghajtáshoz szükséges elektromos energiát fosszilis energiahordozóból állítják elő.

Ez nyilvánvaló módon jelenleg hátrányban részesíti az elektromos meghajtású vasúti közlekedést.

Lehetséges, hogy a jövőben a közlekedésben is bevezetik az olaj- és a petrokémiai iparnak megfelelő hármas CO₂-kereskedelmi tagozódást:

- Az első, ún. Upstream kategóriában a termelők találhatók. A közlekedésben nélkülözhetetlen üzemanyagot előállító finomítókra ma még nem vonatkozik a CO₂ kereskedelem, a helyhez kötött ipari létesítményekre, mint erőművekre azonban igen.
 - A második, ún. Midstream kategóriába az üzemanyag forgalmazás és a gépkocsigyártás tartozik. Az előbbire nem, az utóbbira csak korlátozott mértékben vonatkozik a CO₂ kereskedelem.
 - A harmadik, ún. Downstream kategóriába a közlekedésben használatos egyedi gépjárművek tartoznak, mint a motorkerékpárok, a személygépkocsik, a könnyű és a nehéz haszongépjárművek, valamint a villanymozdonyok. Ezek közül csak a legutóbbira vonatkozik a CO₂ kereskedelem.
- CO₂ határértékek megállapítása a közúti közlekedésben
 - Az első lehetőség az egyes gépjárműre nézve érvényes CO₂ határérték megállapítása volna. Ez a gyakorlatban azonban igen nehezen kivitelezhető, mivel a CO₂ emisszió nem csupán a motor nagyságától, hanem a terheléstől és a napi közúti körülményektől is függ. Az forgalomban közlekedő egyedi gépjárművekre vonatkozó ellenőrzések így csak korlátozott műszaki hatékonysággal rendelkeznek és jogilag sem igen vihetők át a gyakorlatba.
 - Egy második, esetleg járható út egy, az európai gyártókra vonatkozó közös CO₂ átlagérték meghatározása volna. Ez hasonlíthatna az USA-ban érvényben levő CAFE szabvány által előírt flotta határértékhez. Ennek a szabályzásnak a következménye az volna, hogy a nagyobb, elegánsabb SUV gépkocsikat (sport utility vehicle) gyártó vállalatok Európában idővel vagy tönkre mennének, vagy a termelést teljes mértékben átállítanák kisebb gépkocsikra. Mivel ezeknek a sport és luxus gépkocsiknak a száma viszonylag csekély Európában, ez a lépés nem tűnik célravezetőnek.
 - A harmadik lehetőség az volna, hogy abszolút értékű csökkentési terv lép életbe az minden egyes gépjármű kategóriára. Ennek Európában természetesen minden gyártóra egységesen kell vonatkoznia.
 - A negyedik megoldás az volna, hogy az egyes gyártókra százalékos csökkentési tervet írnak elő, amely pl. egy modell évet tekintene alapnak és erre vonatkoztatná az éves csökkentést. A teljes gyártmány szerkezetén belül ez jelentős szabadsági fokot jelentene, és a gyártónak módot nyújtana az egyes típusokon belüli átcsoportosításra és az emisszió mennyiségek kiegyenlítésre.

8.5.3 A CO₂ kereskedelem közvetlen hatásai a közlekedésre

- Bírságok, jogi következmények

Amennyiben egy adott CO₂- határérték megsértése bírságok kiszabásához vezetne a jövőben, akkor a klímahatékonyság és a gazdasági összhang sem lenne mindig könnyen összeegyeztethető. A határérték megsértések, illetve az ezekből adódó jelzések átvitele egy ellenőrző központba, az adóhivatalba vagy a büntető szervekhez, a mai elektronika és kommunikáció állása szerint könnyűszerrel lehetséges.

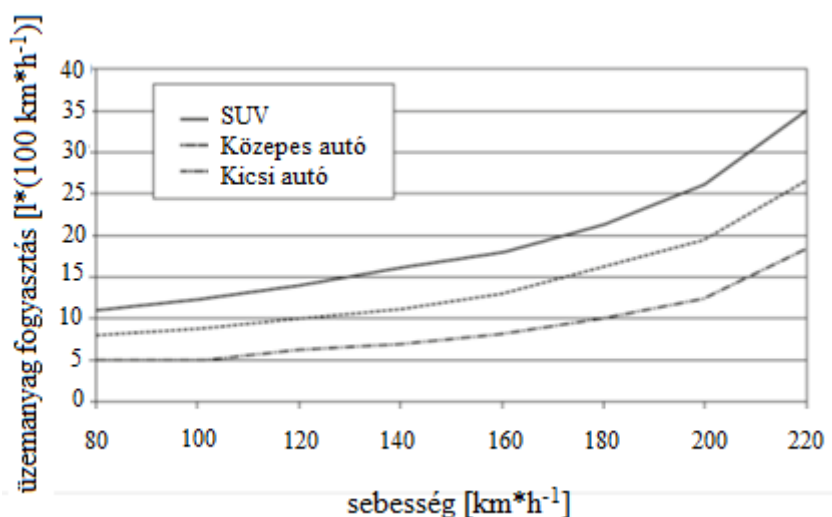
Külön gondot okoz az üzemanyag drágulásával párhuzamosan fellépő törekvés annak érdekében, hogy a meglévő állományt mielőbb modern, kis fogyasztású gépkocsikra lehessen lecserélni. A szegényebb rétegek ezt azonban nem képesek olyan dinamizmussal véghezvinni, mint a tehetősebbek. Esetleges bírságok kiszabása ezért a szegényebb rétegeket sújtaná elsődlegesen.

A lehető legrealisabb megoldásnak a toleráns, a mobilitást tiszteletben tartó lépcsőzetes adminisztratív rendszer kialakítása látszik, amely a modern technika adta vívmányokat és lehetőségeket maximálisan figyelembe veszi.

- Általános sebesség korlátozás

Az általános sebességkorlátozás bevezetése (80/100 km) inkább társadalmi, mint közlekedéstechnikai probléma, amelynek bevezetésének a szükségességét Európában az egyes tagországokban eltérő módon ítélik meg.

A sebesség korlátozásának nem csupán a fogyasztásra és a klíma védelmére volna pozitív kihatása, hanem a közúti biztonságra is. A kisebb átlagos sebességeknél csökken a balesetek száma, valamint a gáz- és a zajemisszió szintje, nő a kis károsanyag kibocsájtású -és alacsony zajszintű gépjárművek iránti kereslet, telematikai szempontból jobban irányítható a forgalom és kevesebb közlekedési dugó keletkezik, lásd a 89. ábrát.



89. ábra: A sebesség korlátozás kihatásai a fogyasztásra

- Az Eco Driving iskola általános bevezetése

A takarékos üzemanyag gazdálkodáshoz a szükséges műszaki újításokon és szervezési intézkedéseken túl az európai gépjármű vezetők környezetvédelmi öntudati szintjét is emelni szükséges. Ez vonatkozik a gyártókra és a felhasználókra egyaránt.

A gépkocsi gyártók részére a környezetvédelmi szempontoknak megfelelő gyártmányismerttetést kell előírni. A gépjármű felhasználók részére az ökológikus vezetői stílus széles körű iskoláztatását kell bevezetni. Az ökológikus vezetői magatartás a tapasztalatok szerint jelentős mértékben, átlagban mintegy 10%-ban tud hozzájárulni a fogyasztás csökkentéséhez, lásd a 28. táblázatot.

28. táblázat: Az emisszió csökkentés forgalomszervezési lehetőségei

Intézkedés	Az üzemanyag felhasználásban elérhető arányos megtakarítás
Műszaki újítás	5 - 6%
Szervezési lehetőségek	7 - 8%
Belvárosokban bevezethető új díjkiszabás	8 - 9%
Megújuló források alkalmazása a közlekedésben	9 - 10%
Környezet barát vezetői stílus elsajátítása	10 - 11%

8.5.4 Társadalmi feladatok

- A tömegközlekedés kiépítése

Az egyedi közlekedés rohamosan dráguló ára következtében erősíteni kell a tömegközlekedést. A nehéz tehergépjárművekkel történő távolsági szállítást a vasút eredményesen tudná átvállalni. Ezzel a tehergépjárművek a nagyobb távolságot nem a közutakon, pl. az autósztrádán, hanem a sínen tennék meg, és csupán a helyi fuvarozásban vennének részt a saját keréken. Ehhez természetesen megfelelő fel- és lehajtó szigeteket kell a pályaudvarokon építeni. A személy- és teherforgalom átalakításához a vasút infrastruktúráját Európa szerte ki kell építeni, a regionális, ennek során a kisebb kapacitású hálózatokat különösen erősíteni kell, hogy ez által minden fontosabb kisebb helyiség elérhető legyen az EU-ban.

- Innováció a tömegközlekedés terén

Az autóbusz hálózatot szintén fejleszteni szükséges és a járatokat sűríteni lenne célszerű. Modern, flexibilis megoldásokat kell bevezetni, pl. a mobil telefonnal hívható minibuszok rendszerét. Az európai határok eltörlése a határmenti forgalom optimális átszervezését is jelentheti.

A jobb utas információ, amely a modern kommunikációs technika minden lehetőségét kihasználja, hatékonyan segíthet a megfelelő jármű, a legalkalmasabb összeköttetés vagy adott esetben a legtakarékosabb vezetői magatartási minta kiválasztásában. Fontos szempont az egyszerű kezelhetőség, illetve az automatizáció korlátok között tartása, különös tekintettel az idősebb generációra. Ez a korosztály igényli a személyes kiszolgálást és tanácsadást, valamint gyakran nem is képes a bonyolult technológiát, a sokasodó automatikus és digitális rendszereket megfelelően kezelni.

A járművezetők ökológiai szemléletének széles körű fejlesztése szintén a jövő évtizedek egyik feladata lehet.

A városon belüli kerékpáros és gyalogos forgalmat kerékpáros utak, sétáló utcák, parkok kiépítésével kell támogatni az egész EU-n belül.

- A forgalom adminisztratív szabályozása

A pénzügyi beavatkozások rendkívül erőteljesen befolyásolják a közlekedés fejlődését. Több lehetséges intézkedés gazdasági hasznossága azonban kétséges, hiszen az nem cél, hogy a közlekedés teljesen lebénuljon. A túlzott szabályozás negatív hatással lehet a gazdaságra, lásd a 29. táblázatot.

29. táblázat: A forgalom szervezés hatásai a környezetre

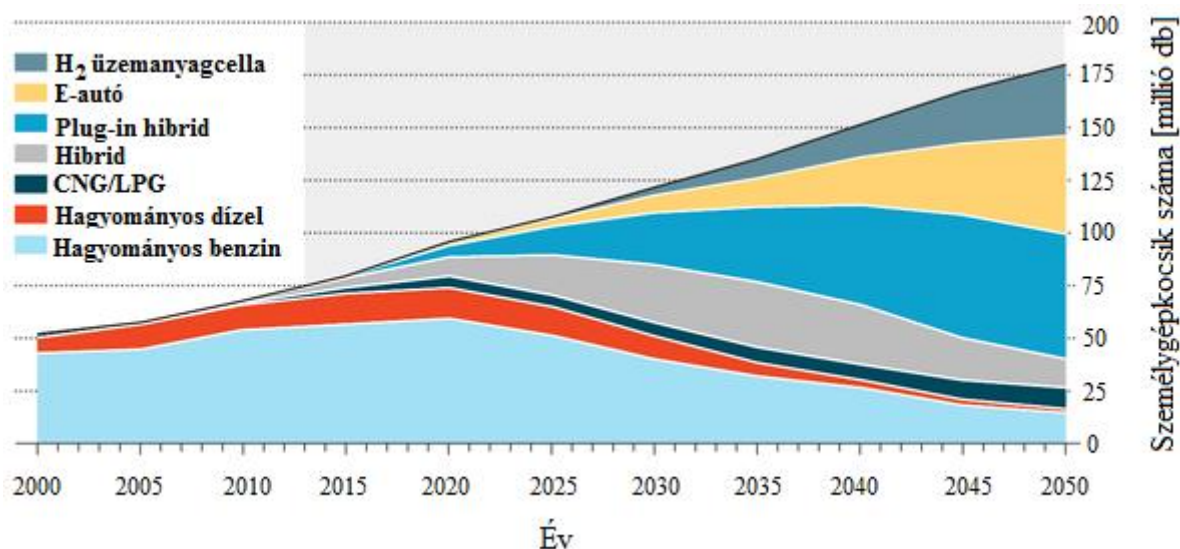
Rendszer	Globális hatások	Helyi hatások	
	(CO ₂)	a levegő terhelése gázzal	hangterhelés
Automatikus menet díj beszedése	++	++	0/+
Nehéz tehergépjármű flották managementje	+	*	*
Dinamikus forgalmi információk közlése	+	+	0
Sebesség korlátozás automatikus betartása	+	*	*
Követési távolság automatikus betartása	+	*	*
Forgalmi lámpák fényének dinamikus szabályozása	0	0	0
Dinamikus célmeghatározó navigációs rendszerek alkalmazása	-	-	0
Park & Ride lehetőségek dinamikus ismertetése	0	0/+	0
City logisztika bevezetése	0	0/+	0
A főútra történő ráhajtás automatikus korlátozása	0	+	0/+

A jelölések magyarázata:

- ++ egyértelműen pozitív hatás
- * nem ismert hatás
- + pozitív hatás
- negatív hatás
- 0 semleges hatás.

8.6 A jövő fejlődési irányai

A jövőben a közúti mobilitás töretlenül fog fejlődni, de az arányok a közlekedési ágazatokon belül el fognak tolni, lásd a 90. ábrát.

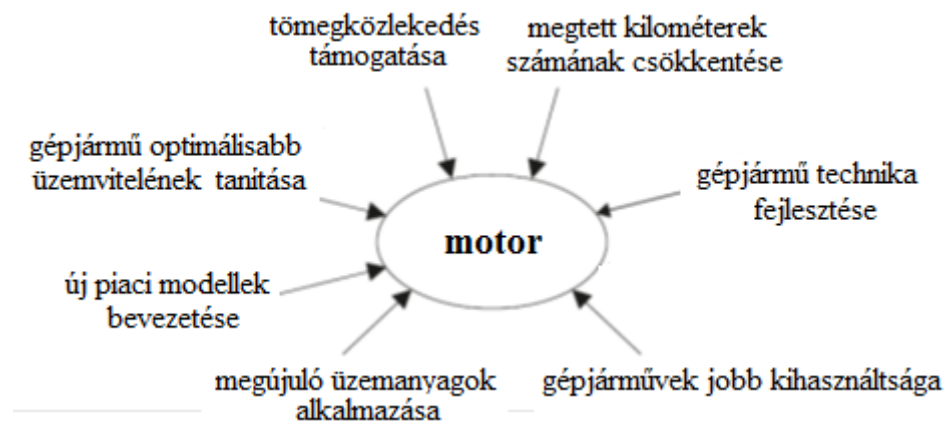


90. ábra: Az értékesített személygépkocsik számának előrejelzése típus alapján [17]

Az emisszió csökkentésére a legjobban bevált módszer a hatékonyság és ez által a megtakarítható üzemanyag mennyiségének növelése. Nincs az a technikai újdonság, amely a megtakarításokat túl tudná szárnyalni.

A közlekedési szektorban várhatóan a következő megoldások képesek redukálni a fogyasztást:

- a megtett kilométerek számának az általános csökkentése, azaz a mobilitási igények intelligens úton történő szabályozása, a közúti forgalom fejlesztése és ezáltal a gépjármű forgalom korlátozása,
- a gépjárművek jobb kihasználtsága, pl. több személy szállítása egyszerre, Car Sharing rendszerek fejlesztése,
- az egyedi forgalom áthelyezése az emissziós szempontból kedvezőbb kollektív forgalmi rendszerbe, pl. a tömegközlekedési járművekre,
- a járművek technikai színvonalának emelése és műszaki állapotának a javítása, ez által a fogyasztás és a káros anyag emisszió csökkentése,
- új, megújuló energiát felhasználó gépjárművek piaci bevezetése (elektromos gépjárművek),
- új piaci modellek bevezetése (pl. elektromos gépjárművek akkumulátorának a kölcsönzése),
- a gépjármű optimálisabb üzemvitelének a tanítása, pl. környezettudatos vezetési stílust támogató átfogó képzés bevezetése, lásd a 91. ábrát.



91. ábra: A közlekedésben alkalmazható energiatakarékossági igény rendszer

Ezekkel az idealizált szempontokkal szemben a következő reális fejlődési tendenciák láthatók Európában és egy sor más országban:

- a személygépjárművek jobb kihasználtsága erősödni (car pooling), az egy háztartásban élő személyek száma csökkenni fog,
- a jövőbeli mobilitás erősebben alternatív üzemanyag bázisra fog épülni (biofuel, elektromos energia, és a távlatokban hidrogén),
- a személyes napi munkatevékenységek térbeli kiterjedése növekedni fog,
- az akció sugár, tehát az időegység alatt elérhető távolság az elmúlt években az emisszió rovasára folyvást nőtt, pl. a gyorsabb és erősebb gépkocsik, valamint a jobb utak révén,
- a személyforgalom átszervezése a tömegközlekedési eszközökre javulni fog. Ez a személyszállítás erőteljesebb átirányítását jelenti vasútra. A folyamat a múltban gyakran az időbeli veszteségek miatt, illetve leggyakrabban a nem elfogadható átszállási lehetőségek és a magas árak miatt hiúsult meg,
- a tömegközlekedés, pl. a vasúti közlekedés ára egy átlagos, négyfős család részére túlságosan magas,
- a környezetre és a klímára nézve hasznos fejlesztések nem mindig sikeresek a piaci értékesíthetőség szempontjából, hiszen a kisebb luxus, a gyengébb teljesítmény, a szerényebb műszaki megoldás gyakran a várt nyereség csökkenéséhez vezetett a múltban, ezért a gépjármű gyártók igen óvatossá váltak a takarékos megoldási formák alkalmazása területén
- a közlekedés környezetbarát irányításának a történelmileg kialakult építési adottságok, gyakran (pl. a meglévő városi utak, a régi épületek) határt szabnak,
- a közlekedés iránti általános és világméretben növekvő kereslet lehetetlenné teszi a csak környezetbarát okokra visszavezetett általános forgalomkorlátozást, amelyek
- hasonlóan az eddigi üzemanyag drágulási hullámok hatásaihoz – sztrájkokhoz, tüntetésekhez is vezethetnek.

8.6.1 Műszaki lehetőségek az emisszió csökkentésre

- Negatív hatás: a gépjárművek súlynövekedése

Gépjárművek fogyasztásának a csökkentésére irányuló törekvések az elmúlt évtizedben nem voltak olyan sikeresek, mint a káros emisszió visszaszorítására irányulók.

Az elmúlt évtizedben a személygépkocsik és a könnyű haszongépjárművek súlya növekedett, amelynek oka a komforttal szemben támasztott igények általános emelkedése volt. Vonatkozik ez a benzin- és a dízelmotorral felszerelt gépjárművekre egyaránt. Ma a légkondicionálás, az ülések fűtése, a legújabb navigációs és szórakoztató berendezések az enterieurrel és designnal szemben támasztott alapvető elvárások közé tartoznak. A luxus személygépkocsik súlya két tonna körül mozog. A dízel motoroktól műszakilag elvárják a vevők, hogy szinte hangtalanul, káros anyag kibocsátás nélkül üzemeljenek. A mai dízel motorokhoz speciális segédberendezések és füstgáz utókezelő modulok tartoznak. Ezek többek között a súlynövekedésben is éreztetik a hatásukat.

- Pozitív hatás: downsizing személy és könnyű haszon gépjárművek esetében

A súlynövekedési tendenciának meg kell fordulnia. A turbocharging, az intercooling, a VVT (Variable Valve Timing-változó szelepvezérlő rendszer) és a VGT (Variable Geometry Turbocharger - változó geometriájú turbófeltöltő) technika továbbfejlesztése újabb lehetőségeket biztosít majd a downsizing technika sokrétű alkalmazásának. Ezek együtt becslések szerint mintegy 20% súlycsökkentést fognak eredményezni.

A szenzortechnika, az OBD (On-Board-Diagnostic) és az OBM (On-Board Measurement) technika együttes alkalmazása, valamint az SCR (Silicon Controlled Rectifier-vezérelt egyenirányító) technika további alkalmazása az NO_x koncentráció általános csökkentéséhez fog vezetni.

- Pozitív hatás: A befecskendezés optimalizálása HCCI (Homogeneous Charge Compression Ignition, homogén töltésű kompresszió-gyújtású) motortechnika révén nehéz gépjárművekben

Hasonlóan a személygépkocsikhoz és a könnyű haszon gépjárművekhez nehéz tehergépjárműveknél is súlynövekedés lépett fel az elmúlt években. Jól példázzák ezt a fejlődést a buszok, amelyek a növekvő luxus igényeknek megfelelően ma mintegy 20%-kal nyomnak többet, mint 10-15 éve.

Nehéz gépjárművek vonatkozásában is a downsizing technika fogja a súlycsökkentést lehetővé tenni. Továbbá az üresjárat arányának visszaszorítása és a HCCI technika továbbfejlesztése is egyre hatékonyabban fogja a fogyasztást redukálni.

A nehéz gépjárművek vonatkozásában azonban csak szerény javulások várhatóak.

- Pozitív hatás: a Common Rail és a szivattyú-fűvóka rendszer fejlődése

A távolabbi jövőben a Common Rail és a szivattyú-fűvóka rendszer tökéletesítése a kompressziós viszonyok csökkenését, ezáltal pedig a hideg indítás hatásfokának a javítását fogja eredményezni. Ez által hatékonyabban lehet majd az üzemanyag befecskendezés idejét és profilját ellenőrizni, valamint szabályozni.

- A fogyasztás csökkentés összehasonlítása

Személygépkocsik esetén 5-6%, könnyű haszongépjárművek esetében 4-5%, nehéz haszongépjárművek vonatkozásában pedig 3-4% üzemanyag fogyasztás csökkenéssel lehet 20 éven belül számolni.

A hibrid technika bevezetése személygépkocsik és könnyű haszongépjárművek esetében 25-35% fogyasztás csökkenést fog eredményezni. A nehéz gépjárművek fejlődésére a hibrid technikának alig lesz kihatása.

Felhasznált irodalom

[1] Laborcsi L. (2011): Autóipar átrendeződés a világban a gazdasági válság tükrében. Diplomadolgozat. Budapesti Gazdasági Főiskola. Budapest.

[2] Princz-Jakovics T. (2010): Fenntarthatósági kérdések a közlekedésben. Előadás.
http://kornygazd.files.wordpress.com/2010/02/tibor_kozlek.pdf

[3] A közúti közlekedés környezeti hatásai.
<http://doksi.hu/get.php?order=DisplayPreview&lid=1717&p=2>

[4] Michael-Palocz A. (2013): Decreasing Fuel Consumption and Exhaust Gas Emissions in Transportation. Springer. Berlin. ISBN: 978-3-642-11975-0.

[5] ADAC Motorwelt 8/2014 p. 20.

[6] University of Iowa (2009): Exploring New Energy Sources. Solar electric vehicle charging station.
<http://facilities.uiowa.edu/uem/renewable-energy/solar-energy.html>

[7] Fuel Cell. Wikipedia. The free encyclopedia
http://en.wikipedia.org/wiki/Fuel_cell

[8] Vis maior lett az aszály.
http://www.vallalkozoinegyed.hu/20090608/aszaly_szarazsag_vis_maior_graf_jozsef

- [9] Vereczkey K.; Boncsarovszky T.: Syngenta szakmai meglátásai a 2010. évi kukorica termesztésben tapasztaltokról <http://www3.syngenta.com/country/hu/hu/szantofoldi-vetomagok/olvasosarok/Pages/2010-kukorica-szakmai-meglatasok.aspx>
- [10] Égő Á. (2011): Miért emelkedik párhuzamosan az E85 ára a benzinnel? http://www.etanolblog.hu/2011_01_16_archive.html
- [11] Getreide besonders betroffen <http://orf.at/stories/2137595/2134999/>
- [12] USDA Forest Service 2005 <http://fs.fed.us/recreation/programs/ohv/>
- [13] Texas Forest Service 2005 <http://texasforests-service.tamu.edu/uploadedfiles/Sustainable/stateoftheforestfinalforpdf.pdf>
- [14] DEFRA, GHG protocol, IEA, EPA, GREET, LCA literature <http://shrinkthatfootprint.com/electric-car-emissions#5UfMJZZ233zb4r4S.99>
- [15] Hennicke, P.; Müller, M. (2006): Weltmacht Energie. Herausforderung für Demokratie und Wohlstand Gebundene Ausgabe · Verlag: Hirzel, S; Auflage: 2., Aufl. (1. Juli 2006) ISBN-10: 3777613193. ISBN-13: 978-3777613192
- [16] MTI (2007): A jövő bioüzemanyaga hozhat érdemi környezeti hasznot <http://www.alternativenergia.hu/a-jovo-biouzemanyaga-hozhat-erdemi-kornyezeti-hasznot/1264>
- [17] International Energy Agency
- [18] [<http://hok.banki.hu/book/export/html/42>]

9. Egyéb szektorok

9.1 A gazdasági élet, a banki szféra feladatai

A pénzügyi szektornak nagyon fontos szerep jut a klímavédelem folyamatában, mivel ennek a szektornak az érdeke a biztonsági és az esély menedzsment. A gazdaság is főként a pénzügyi hatásoktól függ, hiszen ez a szektor adja a pénzt az iparnak és így mind motorként, mind fékként döntő szerepe lehet majd ebben a folyamatban. Megfigyelhető, hogy azok az iparágak, amelyek erősen helyhez kötöten működnek, már most alkalmazkodni kívánnak a klímaváltozás jelenlegi és várható hatásaihoz. Ezek az iparágak tudatosan fáradoznak a földrajzi hely minőségének a megőrzésén és a munkahelyek megtartásán. Ezen iparágaknál az is megfigyelhető, hogy a nagyobb volumenű beruházásokhoz szükséges tőkét csak a szélesebb körű hazai illetve nemzetközi piacon tudják beszerezni, így a pénzügyi piaccal szoros kapcsolatot tartanak. A pénzügyi intézmények általában jól ismerik ezeket az iparágakhoz kapcsolódó üzemeket, s ügyelnek arra, hogy a korai jelzéseket is figyelembe vegye az illető intézmény.

Ehhez a pénzügyi szektorhoz tartoznak a bankok, a biztosító- és viszontbiztosító társaságok, valamint a beruházási intézmények, különösen az Asset-Management-társaságok, a tőkealap (Fond) társaságok és a nyugdíjalap társaságok.

Az alkalmazkodás nem csupán a korai klímaorientált kockázatkezelést jelenti, hanem azt is, hogy gyorsabban, rugalmasabban és stratégiaileg felkészülten vehetnek részt ezek a vállalatok és intézmények a nemzetközi versenyben. Új piacok is keletkeznek, például a szubtrópusi és trópusi területeken, amelyeken a klímaváltozás hatása erősebben jelentkezik már ma is, mint Európában.

A Német Statisztikai Hivatal felmérése alapján Németországban jelenleg nagyobb forgalmat bonyolítanak a klímavédelemmel foglalkozó vállalatok, mint a gyógyszeripar. A statisztika a klímavédelem körébe tartozónak tekint minden olyan gazdasági tevékenységet, ami közvetlenül hozzájárul a légkört károsító gázok kibocsátásának csökkentéséhez vagy megszüntetéséhez. Ebbe a kategóriába tartozik még a megújítható energiaforrásokat hasznosító, az energiafelhasználás hatékonyságát javító, illetve energiatakarékos berendezések gyártása és üzembe helyezése is. Az elmúlt években a klímavédelmi tevékenységi körön belül a legnagyobb forgalmat a napenergia ágazat bonyolította. [1]

9.2 Együttműködés az iparral

Cél a meglévő technológiák korszerűsítése az energia- és nyersanyag felhasználás hatékonyságának a javításával, például:

- az építkezések és a lakások felújítása terén,
- a bőr- és a textiliparban,
- a vegyiparban,
- a fémkohászat- és fémfeldolgozás terén,

valamint új technológiák kialakítása a helyhez kötött és a mobil rendszerek esetében:

- a vékony rétegű napelemek kialakítása,
- az égető cellás alkalmazások,
- a közlekedés technikai fejlesztései, stb. révén.

Az ipar álláspontja a mitigáció (megelőzés) témakörrel szemben igen megosztott. A várható beruházások nagysága miatt szükség van a társadalom összefogására, azaz ezeknek az iparágaknak a fokozott támogatására.

Az ipar bekapcsolása a klímavédelmi tevékenységbe csak akkor lehetséges, ha a CO₂ kibocsátás csökkentésével együtt járó gazdasági beruházások, az esetleges veszteségek mértékének, azok kihatásának a vizsgálata a vállalatok és a nemzetgazdaság egészére is kiterjed. Ezen gondok megoldása a mitigációs tevékenység szerves részét jelenti, ezért mélyrehatóan foglalkozni kell vele. Az is reális igény, hogy nagymértékű gazdasági veszteségek esetén alternatív megoldásokat, időbeli átütemezést lehessen végrehajtani.

Az iparban a klímaváltozás hatása nem, mint egy időjárási tendencia érvényesül, hanem mint egy nem számítható, azaz egy veszélyhelyzetet jelentő bizonytalansági faktor érezteti hatását. Ezen kedvezőtlen hatás mellett azonban új lehetőségek, új iparágak és szolgáltatások is létrejöhetnek a mitigációs folyamat keretében. Tipikus alkalmazás e vonatkozásban a biomassa termelése és feldolgozása.

A klímavédelmi tevékenység fő célja a mitigációs szakterület fokozott művelése, ezen belül a biztonságos és környezetkímélő energiaellátás biztosítása, főként a klímakutatás és az adaptációs szakterülethez való kapcsolódás megteremtése révén.

9.3 A szociális szempontok figyelembe vétele, migráció, a menekültek helyzete

A klímavédelmi intézkedéseknek ökonómiai, ökológiai és szociális szempontból is elviselhetőeknek kell lenniük. Ehhez szükséges, hogy ne kelljen gyökeresen megváltoznia az emberek jelenlegi életszínvonalának és életvitelének a munka, a szórakozás, a tanulás és a gyereknevelés terén, a klímaváltozás által előidézett új életfeltételek, életkörülmények közt sem.

Mintegy 2000 óta folyik hatékony hazai szervező munka e téren, mint pl. a VAHAVA projekt keretében. Megfigyelhető azonban, hogy a klímavédelem területén rendkívül csekély a

hajlandóság a hosszú távú tervezés megvalósítására. A napi gondok annyira meghatározzák a beruházások ütemezését, hogy olyan hosszútávú feladatok megoldására, amelyek 50–100 év folyamán fognak pozitív eredménnyel jelentkezni, nincs sem energia, sem pénz, sem idő.

Általában az adott évben jelentkező káresemények rázzák csak meg a közvéleményt és az illetékes intézményeket. Azonban már mintegy fél év is elegendő a káresemények, pl. árvizeket elfelejtésére. Mivel a klímaváltozás hatásai periodikus ingadozással jelentkeznek, amely periódusok hossza 5–10 évet is kitehet, egy pár kedvezőbb esztendő eltörli a néhány évvel korábban történt időjárási anomáliák, természeti csapások és az azokból származó károk, tragédiák emlékét. A több száz évet átfogó változásokra inkább csak a természet, pl. a fák emlékeznek folytonosan.

Az ember élete túl rövid, ezért várható, hogy a szociális, a nyugdíj-, a betegbiztosítási rendszer biztonságos működésére, a szegénység leküzdésére irányuló és rövidtávon is ható törekvések előnyben fognak részesülni a klímavédelem hosszú távú beruházásaival szemben.

- Környezetbiztonság és az egészségügy

A klímaváltozás egyik legszembetűnőbb következménye az extrém időjárási jelenségek gyakoribbá válása, bár meg kell jegyezni, hogy hasonló jelenségek korábban is voltak, ma azonban a média hatására sokkal szélesebb réteg számára érhetőek el az információk. Az ezek következtében hirtelen nagy mennyiségben lehulló csapadék akár eső, akár hó formájában komoly gondokat okozhat, hiszen az esőzések hatására rendszeresek az árvizek a Kárpát-medencében. Az éghajlatváltozás által előidézett váratlan, komoly mennyiségű eső, illetve a meglepetésszerűen érkező és olvadó hó nagy árhullámokat indíthat el folyóinkon, vagy akár a kis patakok esetében. Az árvíz elleni védekezés során nem csak a valós fizikai tevékenység hangsúlyos, hanem a hazánk és a környező országok viszonya egyaránt meghatározó, mivel a szorosabb együttműködés nagyban hozzájárulhat a következmények és károk mérsékléséhez.

Az áradások mellett a másik fontos problémát a sűrűsödő belvizek idézik elő. Elsősorban mélyen fekvő területek válhatnak a belvíz áldozatává a hirtelen nagy mennyiségű csapadék hullása következtében. A talaj nem képes felszívni az összes vizet, így egy idő után telítetté válik és nagy területeken kialakul a magas talajvízi, a belvizekkel való elöntés jelensége. A szélsőséges időjárás gyakoribbá válásával párhuzamosan jelenik meg egyre nagyobb területeken a belvíz, amelyhez az emberi tevékenység a termőterületek kimerítése, erdőségek kiirtása, valamint a csatornarendszerek karbantartásának elmulasztása nagyban hozzájárul.

Anyagi oldalról vizsgálva a belvíz nagy károkat tud okozni, hiszen a hetekig víz alatt álló, felázott épületek amortizálódnak, összedőlnek vagy lakhatatlanná válnak. A mezőgazdasági termények tönkremennek, ezzel súlyos gazdasági nehézségeket okoznak. Ezen területhez kapcsolódva meg kell említeni még egy másik, hasonlóan fontos következményt, a szikesedést. A talaj terméketlenné válása elsősorban a belvíz sújtotta területeken jellemző, mivel a víz a

napsütés hatására elpárolog, s utána a hátramaradt só telítetté teszi a talajt, amely így alkalmatlanná válik a további megművelésre. Következésképpen nagy mennyiségű termőföld válik használhatatlanná, amely közvetlenül a hazai gazdaságra is hatást gyakorol.

Ugyan a biztonság kérdéséhez csak közvetetten kapcsolódik, mégis ki kell emelni az éghajlatváltozás emberi szervezetre gyakorolt káros hatásait. A gyakoribbá váló hőhullámok, szélsőséges időjárási jelenségek és a gyorsan váltakozó frontok negatívan befolyásolják az egészségünket. A magas hőmérséklet növelheti az idő előtti halálozások és megbetegedések számát.

Elsősorban a kisgyerekek, az idősek és a krónikus betegségben szenvedők vannak kitéve az időjárás okozta terhelésnek, ugyanakkor az egészséges szervezeteket egyaránt megviseli a hirtelen hőmérsékletváltozás, az erős frontok átvonulása vagy a tartós meleg.

Az elvékonyodott sztratoszférikus ózonréteg miatt a sugárzás erőssége nagymértékben megnőtt, amely a bőrrák (melanoma) és a szürkehályog gyakoribbá válásához vezet. Mára nem csak a hosszan tartó napozás, hanem a rövid ideig tartó napon tartózkodás is komoly veszélyeket hordoz magában, hiszen az elmúlt években többször is megközelítette, illetve elérte a légköri ózon koncentrációja az egészségügyi határértéket. A melegebb nyarak és enyhébb telek jó táptalajjal szolgálnak a baktériumoknak, vírusoknak és egyéb kórokozónak, ezzel növelve a fertőző betegségek elterjedését, lefolyásuk intenzitását. Itt külön ki kell emelni az árvíz és belvíz sújtotta területeket, ahol amúgy is rendkívül magas a járványok kialakulásának kockázata és a megfelelő óvintézkedések megtételének hiányában gyors terjedésének veszélye

Az allergiát okozó pollenek kiporzási időszaka és mennyisége módosulhat a melegedő tendencia hatására. A felszín közeli ózon, a nitrogén és a dinitrogén-oxid koncentrációjának növekedése a hosszantartó napsütés és csekély légmozgás hatására elsősorban a nagyvárosokban szmog jelenség alakulhat ki, valamint a légzőszervi megbetegedések gyakoribbá válhatnak. [2]

- A nemzetközi béke helyzete

A II. világháború után kialakult egyensúly és béke erősen függ a nyersanyag- és energiaellátás biztonságától. Az erőforrásokhoz való igazságos hozzáférés lehetősége teremti meg az emberek boldogulásának, alkotó szellemi és fizikai képességeinek a kibontakozásához szükséges feltételeket. Amennyiben nem sikerül ezt a helyzetet megőrizni, kibővíteni és egyenletesebben elosztani a rendelkezésre álló természeti erőforrásokat a világ országai között, akkor a háborúk veszélye rohamosan erősödni fog. A 2000. évi IPCC (Intergovernmental Panel for Climate Change) Special Report: „Emissions Scenarios” szerint a jelenlegi, s a jövőre várható helyzetet 4 (A₁, A₂, B₁ és B₂) scenárió határozza meg. A károk, melyek az elkövetkező években az egyes scenáriók szerint hatnak, jelenleg exponenciálisan nőnek, amely tendencia tovább fog erősödni (Münchener Rückversicherung).

Amennyiben a nemzetközi béke veszélybe kerül, úgy a környezeti- és klímakárok még erősebben a magasba fognak szökellni. Ezt csak akkor lehet eredményesen megakadályozni, ha a nyersanyag- és energiaellátás folyamatosan és elfogadható árszinten biztosított lesz. Jellemző a helyzet bonyolultságára a 2007-ben látványosan felélénkülő verseny az Arktisz és az Antarktisz gazdasági kiaknázása terén.

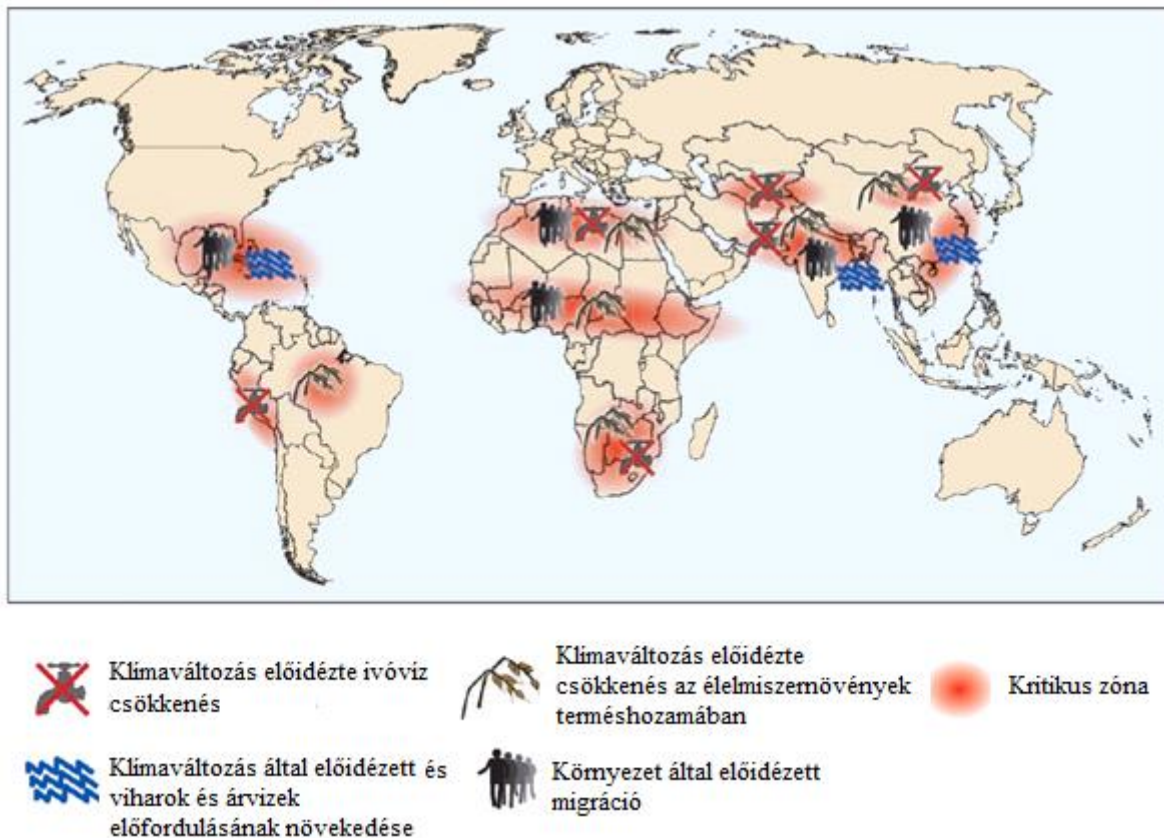
- Katonai biztonság és rendvédelem

Az éghajlatváltozás hatására a Föld és lakóinak biztonsága több szempontból is veszélybe kerülhet, ezek közül a legkézenfekvőbb és közvetlenül tapasztalt dimenzió a környezeti változások okozta nehézségek, így például az áradások, hirtelen lecsapó viharok, szárazságok és egyéb extrém időjárási jelenségek. A jelenleg előrelátható változások szerint mintegy 46 országban, elsősorban Afrikában (lásd 86. ábra) és Ázsiában, összesen 2,7 milliárd embert érintve alakulhatnak ki konfliktusok kifejezetten a klímaváltozás hatására, illetve további legalább 56 államot veszélyeztet a politikai instabilitás. [3]



92. ábra: Több ezer klímamenekült a világ legnagyobb menekülttáborában Dadaab-ban [4]

A katonai biztonság kérdéskörének vizsgálatát az édesvízkészletek rohamos fogyatkozásának problémájával kell kezdeni. A Föld felszínének ugyan 71%-át víz borítja, ebből azonban csupán 2,5% iható édesvíz, vagyis a vízkészlet töredéke alkalmas emberi fogyasztásra, amely folyamatosan feszültséget okoz az amúgy is száraz éghajlatú, nagy lakossággal bíró országokban, régiókban. További problémát okoz, hogy a készletek jó része a sarki jégsapkákban összpontosul, így azok felmelegedés okozta visszahúzódása, és a sós tengerekbe való olvadása tovább redukálja a tartalékokat. A klímaváltozás következtében kialakuló migrációs folyamatokat a 93. ábra szemlélteti.



93. ábra: Konfliktuslehetőségek a kiválasztott kritikus zónában

A földrajzi adottságok következtében mind a Kárpát-medence, mind pedig hazánk édesvízkészletét tekintve jól ellátott, ezeket a régió többi országának helyzetéből és adottságaiból kifolyólag jelenleg és a közeljövőben katonai erővel támogatott veszély nem fenyegeti. Ugyanakkor figyelembe kell venni, hogy az ország területén áthaladó folyók 95%-a más országok területén ered, ezáltal erős a függőség szomszédainktól. Az áradások és szennyezések tekintetében védtelenek vagyunk, ezek megelőzése és hatékony kezelése egyrészt a nemzetek közötti együttműködéstől, másrészt a saját védelmi képességektől függ. Magyarországon stratégiai szerepet tölt be a felszíni vizeken túl a felszín alatt lévő karsztvízkészlet, mely a lakossági ellátásnak jelenleg a 90%-át adja. A melegedés következtében megnövekedett párolgás csökkenti a víz a mennyiségét, továbbá az esetlegesen bekerülő szennyeződés végzetes hatással lehet az ivóvízellátásra.

A rendvédelem területére áttérve megállapítható, hogy súlyos következményekkel járhat a természeti jelenségek sújtotta területről elmenekülő tömegek megjelenése. Az úgynevezett ökológiai menekültek csoportja egyelőre jogilag még nem meghatározott, azonban a gyakorlatban már tapasztalható kategória. Azokról a tájakról menekülő embereket nevezik így, akik kénytelenek a jobb élet reményében elvándorolni hazájukból, amelyet az árvíz, tengeri elöntés, vagy éppen az elsivatagosodás sújt. Sok esetben ezek a hatások idézik elő az élelmiszer és vízhiányt, a gazdasági nehézségeket, melyek megélhetési problémákat okoznak. Az

elsősorban illegálisan lakhelyet változtatók Afrikából, Ázsiából, Dél-Amerikából menekülnek a jobb életkörülményekkel kecsegtető Észak-Amerika és Európa irányába. A menekültek nagy létszáma több okból is problémákat von maga után. A célországokban a bevándorlók miatti többletkiadások gazdasági nehézségein túl a kulturális társadalmi ellentétek, esetenként az idegenellenes közhangulat, ugyancsak súlyosbíthatják a helyzetet. Az elhelyezésük, élelmezésük hely és anyagigénye komoly pénzügyi terhet ró a befogadó államra. Az illegális migráció a szervezett bűnözéssel szorosan összefonódik, amely többletproblémát jelent a kormányoknak.

A migrációs problémák jelentősége vitathatatlan, hiszen már napjainkban is számtalan konfliktust idéznek elő főként a nyugat-európai államokban. Magyarország e tekintetben elsősorban tranzitország, vagyis csak ideiglenesen tartózkodnak itt, majd továbbutaznak a nyugati államok felé a menekültek. Elképzelhető, hogy a későbbiekben már hazánk is célországgá válik, amennyiben a nyugat-európai államok megelégedik a menekültek beözönlését és jogszabályokkal korlátozzák a beutazást.

Magyarország szempontjából érdemes még figyelmet fordítani a Balkánra, hiszen az éghajlatváltozás következtében a kontinens déli részén jelentősebb szárazodás és felmelegedés tapasztalható. Ezekről a mind gazdaságilag, mind pedig társadalmilag nehéz helyzetben lévő területekről a megélhetés biztosításának híján migráció indulhat meg északi irányba, többek között hazánkba. [2]

Felhasznált irodalom

[1] hvg (2013): Jobb üzlet a klímavédelem a gyógyszergyártásnál Németországban. http://hvg.hu/kkv/20131106_klimavedelem_gyogyszergyartas_nemetek

[2] Lindmayer J. (2012): Globális klímaváltozás másodlagos hatásai a Kárpát-medence biztonságára. Repüléstudományi Közlemények. XXIV. évf. 2012. 2. sz. 260-272. p.

[3] Padányi J.; Kohut L.; Koller J.; Lévy G.: Az éghajlatváltozás hatása a biztonságra és a katonai erő alkalmazására, Védelmi tanulmányok No. 63., ZMNE SVKI, Budapest, 2010. ISBN:978-963-7060-97-7, 28. oldal

[4] PACT EAC PROJECT: Garissa Pastoralists Are Not Condemned To Become Climate Refugees!

<http://www.cuts-geneva.org/pactec/publications/77-action-alerts/220-garissa-pastoralists-are-not-condemned-to-become-climate-refugees.html>



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



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