

A környezettudomány alapjai

>>...=weissd=...<<

2007. 02. 15.

Bevezetés

Környezettudomány: 'a Földre, természeti és alkotott alrendszerei jellemzőire, azok összefüggéseire, megőrzésére, változásai előrejelzésére, kialakítására vonatkozó önálló tudomány; tárgya a *Föld*.'

A környezet fogalma: 'az embert [egyed, csoport] körülvevő tényezők összessége; lehet mesterséges és természetes'

Összetevői:

- **Természeti környezet:** az embertől *függetlenül* létező világ elemei:
 - ⇒ Természetes környezet
 - ⇒ Gondozott környezet
 - ⇒ Megművelt környezet
- **Épített/mesterséges ~:** az ember által létrehozott elemek [ma ez van többségben]:
 - ⇒ Települések
 - ⇒ Munkahelyi környezet
 - ⇒ Lakóhelyi környezet
- **Mentális ~:** az emberek közötti kapcsolatrendszerek összessége:
 - ⇒ Társadalmi és szociokulturális
 - ⇒ Munkahelyi ~
 - ⇒ Családi ~

Fenntarthatóság ['fenntartható fejlődés?']

Fenntarthatóság: 'kielégíti a jelen szükségleteit anélkül, hogy veszélyeztetné a jövő generációk szükségleteinek kielégítését'

A világban olyan folyamatok játszódnak le, amelyek világviszonylatú katasztrofális válságok kibontakozását vetítik eléink. A világ természetileg, etnikailag, kulturálisan, szervezetileg [politikailag] olyan mértékben tagolt, hogy a nézetek eltérnek egymástól

Súlyos kérdések

Fő problémák:

- Népesség növekedése [2006-ban ~6,564 millió fő, évente ~80 millióval nő *egyenetlen eloszlásban*]
- Természeti erőforrások kimerülése
- Az energiajövő bizonytalansága
- A tudomány szerepe

Minden társadalom a működéséhez területeket von ki a természetes környezetből: '**ökológiai lábnyom**', ez annál nagyobb, minél fejlettebb a társadalom.

A környezeti problémák és a fizika

Fizikai jelenségek IN:

- A Föld kialakulása, felszínének változása
- A Föld energiaháztartása
- A víz körforgása, óceánok folyamatai, felszíni vízáramok

- Környezeti anyagok fizikai terjedése
- Hang a környezetben
- Ionizáló és nem-ionizáló sugárzások
- Energetika: energiatakarékosság, megújuló energiaforrások
- Anyagtudomány, új környezetbarát anyagok, környezettudatos gyártási technológiák
- Környezetalakítás
- Környezeti állapot meghatározása; modern méréstechnika

2008. 02. 22., 2008. 03. 07.

[Takács-Sánta András; jegyzet: Leelőssy Ádám [kiegészítve]]

A környezettudomány (környezetvédelem) alapvető kérdései:

- Milyen változásokat okoz a Földön az emberi tevékenység? (természetudományok)
- Milyen társadalmi következményei vannak ennek? (társadalomtudományok)
- Mik a változások társadalmi okai? (társadalomtudományok)
- Hogyan előzhetők meg a változások? (mindenki)

Globális környezeti problémák az emberi tevékenység következtében

- Éghajlatváltozás
- Édesvízhiány
- Fajok kihalása
- Ózonréteg elvékonyodása

Éghajlatváltozás

Változik-e éghajlatunk?

- 1906-2005 között $0,7^{\circ}\text{C}$ átlagos hőmérséklet-emelkedés
- 1975 óta $0,6^{\circ}\text{C}$
- térben egyenlőtlen változás

Az emberi tevékenység okozza-e az éghajlatváltozást?

- 1970 óta 70%-kal nőtt az üvegházgáz-kibocsátás
- IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change - www.ipcc.ch éves jelentés (magyar nyelvű összefoglaló: www.met.hu) → 2100-ig tartó prognózis átlagosan $+1-6,5^{\circ}\text{C}$ hőmérséklet-emelkedéssel számol → a földtörténeti korok éghajlatváltozásai során ekkora változás több ezer év alatt zajlott le
- vészforgatókönyvek [pl. Golf-áramlat leállás]
- hőhullámok ['kánikula események']
- csapadékmintázatok változása → idő- és térbeli szélsőségek ['átlagban több eső esik majd, de nagyon nagy térbeli szórással' → egyes helyeken *aszályhelyzet!*]
- lefolyás növekedése → *árvizek*

Magyarországi változások

- A XX. században 640 mm-ről 560 mm-re csökkent az éves csapadékmennyiség
- ennek időbeli eloszlása is szélsőségesebb
- → mediterrán éghajlat felé való tendálás!

Mi az üvegházhatás?

- *természetes jelenség*: nélküle 33°C -kal kisebb lenne a Föld átlagos hőmérséklete
- a légköri üvegházgázok a földfelszínről érkező hosszuhullámú sugárzást elnyelik, visszazugározzák a felszínre

- az emberi tevékenység jelentősen növeli az üvegházgázok koncentrációját a légkörben
- *üvegházgáz-kibocsátás megoszlása:*
 - 55% szén-dioxid fosszilis tüzelőanyagok, erdőirtás
 - 45% troposzférikus ózon fosszilis tüzelőanyagok
 - 5% metán földgáz; mezőgazdaság, hulladéklerakók
 - dinitrogén-oxid műtrágyák
 - halogénezett CH-k ipar
- az energiatermelés megoszlása:
 - 81% fosszilis tüzelőanyagok
 - 13% megújuló energiaforrások, ebből
 - 10% biomassza
 - 3% víz, nap, szél
 - 6% atomenergia

A felmelegedés jelei

- hőhullámok (kánikula) – pl. 2003, 2007 nyara
- szélsőséges csapadékeloszlás, több csapadék → árvizek – aszály, erdőtűz
- óceán szintjének emelkedése → jégsapkák olvadása, de elsősorban: a víz hőtágulása!
- fajok kihalása [*normálisan*: évi 2-4 faj hal ki – ma évente több ezer]

Védekezés

- alkalmazkodás – (mező)gazdaság
- megelőzés (mitigation)
- energiatakarékosság
- fosszilis energiahordozók kiváltása
 - Megújuló energiaforrásokkal:

▪ Biomassza ▪ Víz ▪ Nap ▪ Szél ▪ Geotermikus energia, stb. ▪ Atomenergia [<i>normális</i> működés esetén lehetne környezetbarát	}	Hátrány: sokkal több területet a használatuk!
--	---	--
- Édesvízhiány; *okai*:
 - vízfelhasználás növekedése
 - vízszennyezés
 - éghajlatváltozás (aszályok)
 - fajok kihalása (←); *okai*:
 - élőhelypusztítás (esőerdők)
 - fajbehurcolások
 - túlvadászat, túlhalászat
 - szennyezések

Ózonréteg elvékonyodása [következmény: UV-A/B/C]

Okai: halogénezett szénhidrogének (CFC-k [klórozott, fluoridozott C']; I, CH₃, Br, stb.)

Globális fellépés eredményeként a helyzet javul

- 1931. CFC-k, halogénezett szénhidrogének használatának kezdete
- 1974. tudományos cikk a káros hatásokról
- 1985. antarktiszi ózonlyuk – legsúlyosabb év
- 1987. *montréal-i jegyzőkönyv*: CFC-k használatának erős korlátozása [ez *Kyoto*-val el-lentétben sikeres volt]

- A CFC-k hosszú légköri élettartama miatt az ózonréteg regenerációja sok évtizedig el-tart majd.

Konkrét cselekvések:

Kyoto, Bali → „a célokat *lokálisan* kell végrehajtani!”

A környezeti problémák társadalmi okai

Gazdasági tevékenység

- *alapvető cél*: a gazdasági növekedés nagyobb fogyasztás
- elterjedt rossz felfogás: a gazdaság és a bioszféra különálló területek → a gazdaság a tár-sadalom, az emberi társadalom pedig a bioszféra része!

A környezetszennyezés forrásai

természeti erőforrások → kitermelés → nyersanyag → termelés → javak, szolgáltatások
→ fogyasztás → szennyezés, hulladék

A környezetátalakítás tényezői

$B = Y \cdot Z$, ahol:

B: a bioszféra-átalakítás mértéke

Y: gazdasági teljesítmény

Z: „takarékoság”: egységnyi gazdasági teljesítmény bioszféra-átalakítása

A környezetre gyakorolt hatás a gazdasági teljesítménnyel nő – a gazdasági növekedés nagyobb környezetátalakítást jelent!

Ugyanakkora gazdasági teljesítmény más országokban (iparágakban) különböző mértékű terhelést jelent.

$Y = P \cdot O_p$, ahol:

P: népesség

O_p: egy főre jutó gazdasági teljesítmény

A gazdasági növekedésért való hajsza két hajtóereje a túlnépesedés és az egy főre eső fogyasztás növekedése.

$Z = T + S + G$

T: környezetkímélő technológia használata

S: gazdasági szerkezet

G: gazdaságföldrajzi mintázat

Egységnyi gazdasági teljesítmény kisebb behatást jelent a környezetre, ha

- környezetkímélő technológiával állítják elő
 - termelés- (és nem fogyasztás-) központú gazdaság termeli
 - a kitermelés-termelés-fogyasztás földrajzilag közel történik
- kisebb szállítási, raktározási terhek

$B = P \cdot O_p \cdot Z$ túlzással, jellemzően:

P: túlnépesedés – a mezőgazdaságból származó károk (harmadik világ)

O_p: túlfogyasztás – az energiaszektorból származó károk (fejlett világ)

Z: „takarékoság” - a szennyezésekből származó károk (mindenki)

„Végső alak”:

$B = P \cdot O_p \cdot (T + S + G)$: a környezetvédelem öt területe (feladata)
túlnépesedés, túlfogyasztás elleni harc; környezetkímélő technológiák;

gazdaságszerkezet átalakítása, lokalizáció

Túlnépesedés

- 2000-2007 között + 78 *M fő/év* (+ 1,2 – 1,3 %)
- csúcs: 1960-as évek vége: + 2,1 %

Termékenységi átmenet

- az egész világon megfigyelhető folyamat
- termékenység (átlagos gyerekszám / nő) lassú csökkenése
- a termékenység 1950 óta 5 *gyerek/nő-ről* 2,6-ra csökkent

Termékenységi átmenet fázisai

- régióként különböző
- mai termékenységi csúcs: Niger: 7 *felett*
Kelet-Közép-Európa: 1,2
Magyarország: 1,3
- ENSZ előrejelzés: a népességnövekedés csökkenni fog (~ telítődési görbe)
- talán 2030 körül népességcsökkenés indulhat

Megoldási kísérletek

- *Kína: 1980-as évek elejétől* népességszabályozás
- városban 1, falun 2 gyerek engedélyezett családonként
- problémák: eltitkolt gyerekek, lánycsecsemők meggyilkolása, eltolódott férfi-nő arány
- modern fogamzásgátlók – harmadik világban nem elterjedt!
- statisztika: minden harmadik gyerek nem kívánt terhességből származik
- nők helyzetének javítása
- iskolázottság, nyugdíjrendszer, családtervezési programok
- sikeres népességpolitika:

Tunézia: 1975 óta 6,5-ről 2 alá csökkent a termékenység

Mongólia: 7-ről 2 alá csökkent a termékenység

A túlnépesedés hajtóereje

- nemzetek közti versengés
- presztízs; nemzetgazdaság teljesítőképessége

Gazdasági növekedés

- A világ gazdaság teljesítménye 1950 óta töretlenül nő – *GDP átl. + 2% / év*
 - A növekedés mértéke az utóbbi években meghaladja a túlnépesedését.
 - A gazdasági növekedésbe vetett hit megkérdőjelezhetetlen, pedig nem ez az egyetlen út!
 - A neoliberális felfogás helyett új gazdaságpolitikára van szükség: szükséges a piac korlátozása, főleg közszolgáltatások terén.
 - Mai közgazdaságtani irányzat: neoklasszikus – nincs alternatívája.
- A modern alternatíva: ökológiai közgazdaságtan – létező tudomány
- Kulturális, értékrendi változás - „paradigmaváltás”
 - Anyagi javak fogyasztásával szemben - környezet, kapcsolatok, társadalmi igazságosság
 - példa: USA: önkéntes egyszerűség mozgalom
 - Világ gazdaság intézményrendszerének átalakítása
- mai vezető intézmények: IMF, Világbank, WTO – kereskedelem, globalizáció
- Környezetkímélő technológiák
- Az öt terület közül az egyetlen, ami fejlődést mutat.

- Célok: anyag- és energiafelhasználás, szennyezés csökkentése
- DE: magában nem elég! (lásd később: *Jevons-paradoxon*)

Gazdaságszerkezet

- zöld adóreform

munka adóztatása helyett a fogyasztási adó növelése

- szolgáltatások arányának növekedése – nem segít

tapasztalat: nem környezetkímélőbb az iparnál vagy mezőgazdaságnál
a másik két szektoron alapul

energiaigényes (pl. turizmus)

a jellemzően szolgáltató gazdaságokból a mezőgazdaság és ipar

kitelepül a harmadik világba – nem csökkenti a károsítást, csak áthelyezi

- megvalósulás: félsiker

a termelés (nyugaton) környezetkímélő irányba mozdul

a fogyasztás ellenkezőleg! - egyre nagyobb és pazarlóbb

Gazdaságföldrajzi mintázat

- globalizáció - szállítási, raktározási terhek egyre nőnek

• a globalizáció nem magától történik! → IMF, WTO, Világbank, politikusok, multinacionális cégek munkája

- cégek kitelepítése:

gazdasági okokból (olcsóbb munkaerő, off-shore)

lazább környezetvédelmi előírások miatt!!

- Cél: gazdaság lokalizálása

pl. közösség által támogatott mezőgazdaság (Mo.-on is)

kistermelők, családi vállalkozások; kitermelés-termelés-fogyasztás kis területen

Összefoglalás

A környezetvédelem öt területe

- túlnépesedés megoldatlan
- túlfogyasztás egyre nő
- technológiák környezetkímélő irányba mozdul
- gazdaságszerkezet is-is: nehéz felmérni a jelentőségét
- globalizáció egyre nő

A környezetkímélő technológia nem ellensúlyozza a másik négy tényezőt

- sokszor „nem éri meg”

- váratlan környezetkárosító hatás léphet fel

pl. halogénezett szénhidrogének – környezetkímélő anyagnak tűntek

évtizedekkel később derült ki, hogy az ózonlyuk okozói

- papírmentes iroda paradoxona, Jevons-paradoxon

Jevons-paradoxon

• példa: XIX. század, energiaforradalom – fáról áttérés fosszilis energiahordozókra

ma nagyobb fakitermelés az 1890-es szintnél!

- Növekvő energiatermelés --> még jobban növekvő energiaigény

6

- Vigyázat! Ma is energiaforradalomra készülünk.

• A megújuló energiaforrások kihasználása NEM CSÖKKENTI a szén-, kőolaj-felhasználást, ha nem társul a fogyasztás csökkenésével.

• Papírmentes iroda paradoxona: a számítógépes adattárolás bevezetése óta sokszoros az irodákban a papírfelhasználás

- Kis fogyasztású autó → megtakarított pénz → több autózás

- Általában: hatékonyság növelése → nagyobb felhasználás!

- Oka: (piac:) a takarékos termelés olcsóbb, gyorsabb

olcsóbb: nagyobb kereslet, nagyobb termelés
vásárlónak más termékre is marad pénze – a fogyasztás máshol nő

Célok

- A meglévő környezeti károk mérséklése, felkészülés a már elkerülhetetlen következményekre.
- A fenntarthatóság megteremtése („fenntartható fejlődés”, nem „fenntartható növekedés”).
- Ennek egyetlen módja: a mögöttes tényezők - társadalmi-gazdasági rendszer, elsősorban a kultúra, világnézet alapvető megváltozása.

2008. 02. 29.

A zaj

A hang szerepe óriási az emberré válásban → tagolt, hanggal közvetített beszéd nélkül nincs emberi társadalom.

„Hang” és „környezeti zaj” fogalmak különböznek:

Hang: környezetünk természetes része

Környezeti zaj: akaratlan, vagy káros olyan hang, amelyet emberi tevékenység kelt

Zavaró zaj:

- közösséget általában érintő jelenség,
- több ember közel hasonlóan értékeli,
- a jellemzőit meg lehet mérni,
- egyszeri, sokszor nem reprodukálható, → nehézségek a mérték meghatározásánál, a tárgyilagos értékelésnél
- társadalmilag fontos mozzanattá az ipari forradalom óta vált

Zajjellemző (zajindikátor): a környezeti zajt leíró fizikai mennyiség, amely kapcsolatban van a káros hatással

→ Zaj: fizikai alapok, emberek → fiziológiai, pszichológiai válaszok

→ A zaj hatása: minden emberre más, nagy a variabilitás

Mindenkit zavar → (növekvő hangerővel):

- zavarja az alvást,
- korlátozza pihenést, zavarja a munkát
- gátolja a beszéd megértését
- előbb átmeneti, majd maradandó hallássérülés (diszkók)
- megbetegedések, pl. magas vérnyomás, fejlődési rendellenesség, szexuális zavar, szívinfarktusnál rizikótényező

Zajos környezet: zavaró, romlanak az emberi kapcsolatok, társadalmi, egészségügyi károk, pl. *költözési indok*

Korunk egyre nagyobb problémája, életminőségben, gazdaságban károk.

Az Európai Unióban:

- ~ 100 millió embert zavar (20%)
- ~ 200 millió embert érint napközben
- környezeti zaj (munkakiesés, betegségek, balesetek, stb.) miatti GDP kára ~ 0.2–2% (20-200 mrd €/év)

A hang fizikája

Hullám: 'haladó zavar'

- nincs anyagmozgás,
- hullám energiát közvetít.

Hullám lehet:

- Transzverzális: részecske kitérése merőleges a haladási irányra
- Longitudinális: részecske $\parallel$ a haladási iránnyal

Transzverzális és longitudinális kitérések: mozgás periodikus lehet $\rightarrow$ hullám
Legtöbb esetben: egy kiválasztott részecske $\sim$ harmonikus rezgőmozgást végez

Frekvencia:

$$f \left[\frac{1}{s} \right] = [Hz] = \frac{1}{T} \implies \omega = 2\pi \cdot f$$

Fázis: részecske rezgési állapota

Hullám (fázis)sebessége: 'azonos fázisú állapot haladása'

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

A hullám fázissebessége $\neq$ a hullám-mozgásban részt vevő részecske sebességével! *Hullám-sebesség:* a közeg tulajdonsága $\rightarrow$ a nyugalmi állapottól való kitérés $\rightarrow$ longitudinálisnál párhuzamos a terjedéssel, a transzverzálisnál merőleges

Hullámmozgás: térben és időben periodikus

Hang: gázban (pl. levegőben), folyadékban csak longitudinális hullámok alakulhatnak ki (nincsenek nyíró erők)

Szilárd testben longitudinális mellett transzverzális hullám-terjedés is van

Emberi fül: az ember *legérzékenyebb* szerve $\rightarrow \sim$ frekvenciában 3, intenzitásban 14 nagyságrendet fog át

•

Békésy György (1899-1972)

Nobel-díj 1961-ben (a díjat a Magyarországon elkezdett és jelentős részben el is végzett munkáért)

$\rightarrow$ *hallójárat:* rezonátor 2-5 kHz frekv.-ra ($\sim$ 15-szörös faktor)

$\rightarrow$ *középfül:* további erősítés ($\sim$ 20 dB is lehet)

$\rightarrow$ *belső fül:* itt alakul jellé a hang

csigatestben: hártýáscsiga, csontoscsiga

hártýáscsiga: $\rightarrow$ 3 csatorna folyadékkal

elválasztó membránon – ül a *Corti-szerv* $\rightarrow$ szőrsejtek $\rightarrow$ 50 ezer idegsejthez kapcsolódik $\rightarrow$ jel az agynak

A *kalapács*, az *üllő* és a *kengyel* az emberi test legkisebb csontjai

Lényeg: kis nyomásvált.ra $\rightarrow$ hallóideg jele

A fül válasza az intenzitásra logaritmikus

- frekvencia: 20 Hz – 20 kHz

Korral csökken a felső határ

20 Hz alatt: *infrahang*

20 kHz felett: *ultrahang*

kutya: $\sim$ 30 kHz-ig hall

denevér: $\sim$ 100 kHz-ig hall, így tájékozódik

- Hangsebesség

levegő (20 °C, 1 atm.): $v \approx 343$ m/s

folyadék, szilárd test: lényegesen nagyobb sebességek, $v \sim \sqrt{\rho \cdot T}$

m/s

Levegő (0C°)	331
Levegő (20C°)	343

CO ₂ (0C°)	259
O ₂ (0C°)	316
He (0C°)	965
Alkohol (20C°)	1162
Réz	5010
Üveg	5640
Hg (20C°)	1450
Víz (20C°)	1482

A hang intenzitása:

$$I = \frac{P}{A}; [I] = \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

Teljes térbe való egyenletes sugárzásnál:

$$I = \frac{P}{4\pi \cdot r^2} \implies I \approx \frac{1}{r^2} \text{ [utóbbi visszavert hangok [pl. zárt teremben] nem igaz!]}$$

Az emberi hallás vizsgálata:

Hallásküszöb: 1kHz-nél: $I_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2}$

Fájdalomküszöb (halláskárosodás): $\sim 100 \text{ W/m}^2$

A hang intenzitás-szintje:

egység: decibel (dB) → a fül tulajdonságai

$$\beta[dB] = 10 \cdot \lg_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right); [\beta] = [1] \text{ hallásküszöb}$$

	$\frac{W}{m^2}$	dB
hallásküszöb	10^{-12}	0
suttogó falevél [???	10^{-11}	10
suttogás	10^{-10}	20
beszélgetés (1 m)	$3 \cdot 10^{-6}$	65
autó belseje	10^{-4}	80
autó kifogó nélkül	10^{-2}	100
diszkó	1	120
vészsziréna	100	140

Emberi tapasztalatok:

– $\Delta dB \sim 1 \text{ dB}$ a legkisebb észrevehető,

$$HA \Delta dB \sim 3 \implies$$

$$10 \cdot \lg_{10} \left(\frac{I_2}{I_0} \right) - 10 \cdot \lg_{10} \left(\frac{I_1}{I_0} \right) = 10 \cdot \lg_{10} \frac{I_2 \cdot I_0}{I_1 \cdot I_0} = 10 \cdot \lg_{10} \frac{I_2}{I_1} \implies \frac{I_2}{I_1} = 10^{0,3} \approx 2$$

azaz **kétszeres az intenzitás**

– $\Delta dB \sim 10 \text{ dB} \rightarrow$ hangintenzitás 10-szeres $\rightarrow$ a hangosságérzet növekedése más arányú, mint az intenzitás-növekedés

Hallható hang: 20 Hz – 20 kHz $\rightarrow$ hangosság szintje: **'fon'** $\rightarrow$ frekvenciafüggő, a „hang hangosságát” jelenti; 1 kHz-es hang intenzitás-szintjével egyezik a fon számértéke

Harvey Fletcher (1884-1981) és Wilden A. Munson (1902-1982) $\rightarrow$ 1933-ban

$\rightarrow$ Fletcher–Munson diagram

- A hang nyomása:

$$I \sim p^2 \implies \frac{I}{I_0} \sim \left(\frac{p}{p_0}\right)^2$$

Hallás-küszöb: ~20μPa; fájdalom küszöb: ~100 Pa

- Hangnyomás-szint ('Sound Pressure Level, SPL'):

$$SPL[dB] = 20 \cdot \lg_{10} \left(\frac{p}{p_0}\right) \implies \beta[dB] = 20 \cdot \lg_{10} \left(\frac{p}{p_0}\right)$$

Megjegyzések:

- *Részecskesebesség:* 1 μbar-nál 0.25 mm/s
- *Távoltér:* **p** és **v** azonos fázisban; *köztér:* **p** és **v** nem azonos fázisban [*helyfüggő*]

Zaj és zajvédelem

A *zaj hatása:* minden emberre más, nagy az egyéni variabilitás: → 20-30 dB különbségek is vannak

Átlagosan:

- 55-60 dB: korlátozza pihenést, zavarja a munkát
- 60-70 dB: gátolja a beszéd megértését
- 80-90 dB: átmeneti, majd maradandó hallássérülés (diszkók: 95-100 dB)
- > 65 dB: szívinfarktus rizikótényező

Zajos környezet: zavaró, romlik az emberi kapcsolat, társadalmi, egészségügyi károk → emberek kerülnek

A zaj típusai

- *folyamatos* [pl. ventilátor, hűtő, légkondi], *indikátora:* **átlagos hangosság**
- *időszakos* [pl. repülőgép, porszívó], *indikátora:* **hangkitettségi szint [sound exposure level – SEL]** → kifejezi a hangosságátlagot és a zaj időbeni lefutását egyben; *max. nyomásszint*
- *zajimpulzusok:* rövid, hirtelen hangszintváltozás [pl. robbantás, kalapálás], *indikátor:* **max. nyomásszint, SEL**
- *Alapzajon kiemelkedő egyetlen hang:* egy frekvencia körül lényegesen erősebb zaj (pl. vibrációk, fűtőlés), *indikátor:* **átlagos hangosság + „büntetőjárulék”**
- *Alacsony frekvenciájú zaj:* **8-100 Hz** [pl. Diesel-mozdony, hajók]; sok km-re is → jobban zavar, mint a fizikai átlagokból adódnék; *nincs nemzetközi standard*

Zajszintek

Zaj: általában „sok frekvencia vesz részt benne”

Átlagolási módszerek:

Átlagolásnál probléma, hogy az emberi fül az azonos intenzitás-szintű hangokat nem azonos hangosságúnak érzi → kül. átlagolások [**A, B, C, D**]

'C' → 1 kHz alatt nagyobb súly, ~ követi a tényleges hangintenzitást

'A' → hangosság szerint átlagol [1 kHz, 40 dB] → általában ezt alkalmazzák

'A' szerinti → az emberi fül válaszait követi

$$L_{eq}(T)[dB] = 10 \cdot \lg_{10} \left(\frac{1}{T} \cdot \int_0^T \left(\frac{p(t)}{p_0} \right)^2 dt \right)$$

'A' szerint → egyenértékű zajszint, ['hangosságátlag'], jele: $L_{Aeq}[dB]$

[az idő szerinti integrálás előtt frekvencia szerinti súlyozás A görbének megfelelően] → legtöbbször ezt adják meg

Hangmérők módjai:

- *Időlefutás szerint:* időtartam, felfutás, lefutás [idősúlyozás]
Gyors (F), lassú (S), impulzus (I) mód
- Hang kitettségi szint (*sound exposure level – SEL*)
- Többször valamelyik meghatározása:
 $L_{AF|max}, L_{AS|max}, L_{AI|max},$
 $L_{AF|min}, L_{AS|min}, L_{AI|min}$
- Sokszor frekvenciakivágásban mért érték
pl.: 1/3 oktávban [f körüli $f/3$ frekvencia tartomány]

Zajindikátorok

Mennyiség, mely meghatározható és jellemzi a zajt

Mindig 'A' súlyozott átlagokról van szó

Ilyenek [EU]: $L_{Aeq}, L_{day}, L_{evening}, L_{night}$

[a 24 óra felosztása: **7-19, 19-23, 23-7** helyi idő]

Legfontosabb átlagos indikátor: L_{den} $\Rightarrow$

$$L_{den} = 10 \cdot \lg \frac{1}{24} \cdot \left(12 \cdot 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{night}+10}{10}} \right)$$

Néhány esetben járulékos szempontok:

- időszakos zajok
- alacsony zajimpulzus-szám [pl. óránként egyszer]
- magas az alacsony frekvenciárész
- magas a hangkitettségi szint ['SEL'] éjszaka
- hétvégék, év bizonyos részei
- külön védelem nappalra, estére [pl. diszkók közelsége]
- különböző forrású zajok együttese
- külön védelem nyílt, nyugodt területekre
- erős hangkomponens: zaj, zajimpulzusok

Zajszint-szabályozás

Indikátorokban meghatározott határok: ne okozzon károkat

Nemzetközi ajánlások, országoként eltérő szabályozások

EU direktíva (2002. június); intézkedési terv, új zajpolitika

Példa ilyenre:

Zóna	Nappali	Éjszakai	Nappali. max	Éjszakai max.
Pihenő	50 dB	40 dB	65	60
Lakó	55 dB	45 dB	70	65
Vegyes	60 dB	50 dB	70	65
Ipari	65 dB	55 dB	75	70

Lényeg: szintekben, indikátorokban → zajtérképek: zajszintek térképen

EU → zajtérképek határidőig [2008]

- minden agglomerációról [>250000 fő]

- fő utakra [>3 millió jármű/év], fő vasútra (>30000 vasút/év), reptér (>50000/év)

Megadandó: L_{den} 55 – 75 dB 5 dB-nként és 75 dB felett

Szint:

$$L = L_{Aeq} + K_{imp} + K_{hang} + K_{napresz} + K_{spec}$$

Védekezés:

1. *Jogi szabályozás:* országok jogrendje, betartatása

- Magyar jogszabály 1995. évi LIII törvény 89. §-a felhatalmazása alapján: 8/2002. (III. 22.) KöM-EüM együttes rendelete
- Nemzetközi standardok (ISO 1996 (környezeti zaj), ISO 3891 (repülés), ISO 9613 (becslések))

2. *Technikai zajvédelem:*

- forrásnál,
- terjedésben,
- megfigyelőnél

A zajforrások, a zaj terjedése:

Cél: annak vizsgálata, hogy hogyan jut el a forrástól a zavart személyig a hang

Források:

- pontforrás, kétszeres távolságnál ~ 6 dB csökkenés
- vonalforrás (pl. autópálya), kétszeres távolságnál ~ 3 dB csökkenés
- síkforrás (nagy felületek zajsugárzása)
 - ⇒ Az ekvivalens zajszintet (hangosságot) befolyásoló tényezők
- forrástípus
- távolság
- atmoszférikus abszorpció
- talaj abszorpciója
- visszaverődések
- akadályok
- ablakok, belül 20-30 dB-vel kisebb
- atmoszférikus abszorpció
- Összetett, bonyolult jelenségkör
- Függ: távolság, frekvenciaspektrum, hőmérséklet, nedvességtartalom, nyomás, csapadék, szél
- távolság, frekvenciaspektrum
- nagyobb frekvencia jobban gyengül: torzul spektrum
- Szél: befolyásolja a terjedést
- szélerősség → nő a magassággal
- rövid táv. → kicsi, távol nagy hatás
- Szélerősség tartománya: ~ 1 – 15 m/s
- Hőmérséklet:
- Ok: légkörben előfordulhat inverzió → alacsonyabb hőmérsékletnél a sebesség kisebb
 - Magassággal növekvő hőm.: jobban gyengül, mint homogén esetben
- Inverzió: fókuszál (kevésbé gyengül)

Talaj hatása:

Kemény (pl. beton) → kis gyengítés

Puha (homokos) → nagy gyengítés

Visszaverődés: akusztikusan kemény felületről nagy (betonfal $0.5\text{ m} + 3\text{ dB}$)

Akadály

Függ az akadály magasságától és a frekvenciától

→ Alacsony frekvenciáknál magas gát hatékonyabb

Gyakorlatra példa: magas, alaktervezett fal

Falak, elválasztók:

Sima, kemény felület (simított beton, fém, csempe) → jó hangvisszaverők

Porózus, lágy anyagok: elnyelők

Merev, könnyű anyagok: rossz hangszigetelők

Minden anyagra más, tervezni kell!

A tervezés elengedhetetlenül fontos része a zajvédelemnek!

A zaj elleni védekezés főbb elemei

➤ Forrás zajemissziójának csökkentése

Számos lehetőség, minden tényleges esetben erőfeszítés → *sokszor gazdasági szempontoknak ellentmond* → hatósági és társadalmi kontroll; együttműködés a zajkibocsátóval

➤ *Eszközök:* zajforr. átalakítása, forrásnál árnyékolás, jó felfügg., rezgéscsillapítók

Általában motorok: 0.001% – 0.02% az akusztikus teljesítmény [pl. 55 MW repülőgép motor $\sim 1\text{ kW}$ akusztikus zaj]

Példa:

- közlekedés [az egyik legnagyobb probléma – azonos zajkibocsátásnál az emberek repülőgép – autó – vonat]

Autók zajkibocsátása 20 év alatt $\sim 8\text{ dBA}$ -val csökkent → zaj azonos, mert sokkal több az autó

- motorok zajcsökkentése: számos lehetőség → $10\text{--}15\text{ dBA}$ nyereség

A zajterjedés befolyásolása

Akadály: legfontosabb lehetőség

→ áthaladást akadályozza, de általában nem abszorbeál → visszaver a forrás felé

Legfontosabb paraméterek:

- a tömeg → nehéz sűrű anyagok jó akadályok, könnyű porózus anyagok rosszak
- rugalmas tulajdonság (puhaság): abszorbeálja az akusztikus energiát, nem jól rezeg
- tervezett hangszigetelő falak
- épületegyüttesek helyzetének tervezés, visszaverődés csökkentése
- hangelnyelő felületek
- felszín (járószint) tervezése
- uralkodó széljárások figyelembe vétele stb.

Mindig a tényleges feladathoz illeszkedő megoldás

A zajcsökkentés a fogadónál:

Eszközök: nyílászárók ($20\text{--}40\text{ dB}$ -t csökkenthet) → kis rések, lyukak jelentősen megváltoztatják a tulajdonságokat

füldugók

aktív fülvédelem → hangkivétel fülre alkalmazott interferenciával

Minden tényleges esetre → megoldást keresni

A zajvédelem jövője

A környezetvédelem egyik legfontosabb problémája → modern világ velejárója

A világ országai (azon belül az EU) együttműködésben keresik a megoldást:

- zajmonitorozás, módszertani egységesítés
- zajforrások felkutatása
- tájtervezés elveinek egységesítése
- épülettervezés fontos része
- zajterképek elkészítése, karbantartása
- zajszintek megadása, betartatása

2008. 03. 28.

Klíma, klímaváltozás

[Mészáros Róbert]

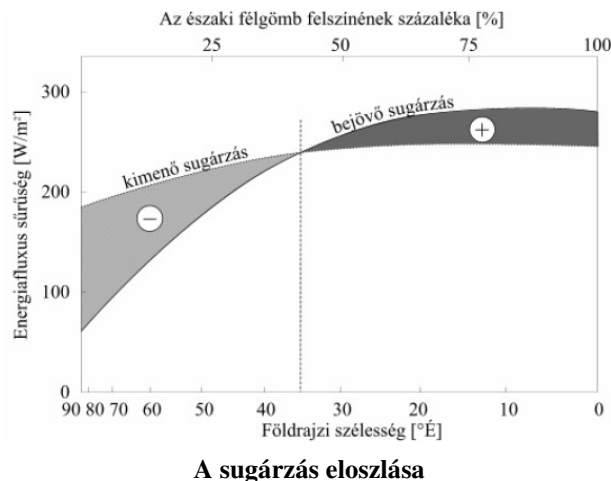
Időjárás: 'A légkör fizikai állapotát és folyamatait jellemző paraméterek összessége [pl.: T , p , nedvességtartalom] egy megadott földrajzi helyen és időben + légköri folyamatok [zivatar, front, ciklonok stb.], melyek a légköri állapot aktuális értékeit befolyásolják'

Időben pillanatnyi!

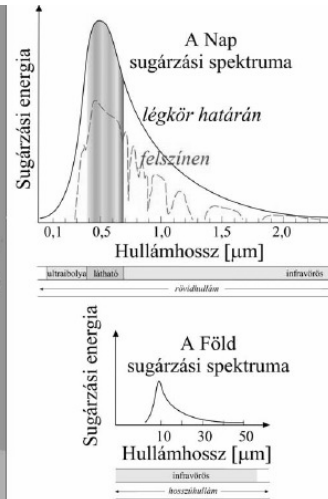
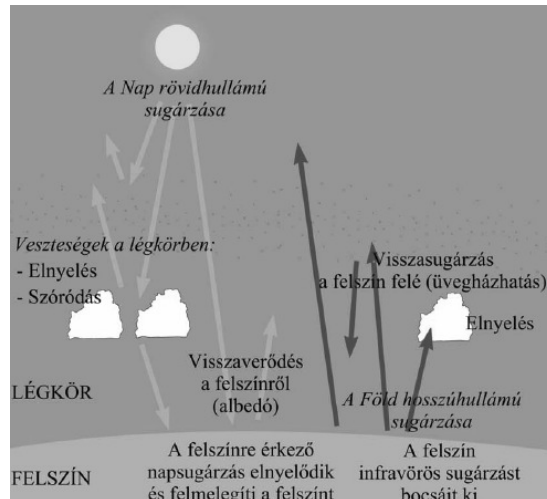
Éghajlat: 'Egy adott földrajzi térség időjárási eseményeinek együttese, azok átlagos ill. szélsőséges eseményeinek statisztikai jellemzői. Az éghajlati normálértékek általában egy nagyobb térséget jellemeznek, de jellemzik egyúttal magát az adott pontot is.

Időben szélesebb skála [30 nap..10 év]

Sugárzás: Üvegházhatás nélkül $\sim 33^\circ\text{C}$ -kal lenne hidegebb, tehát a mostani $\bar{T} \cong 17^\circ\text{C}$ helyett -20°C lenne!



A sugárzás eloszlása



Globális cirkuláció: ['légkörzés'] mozgásrendszerek

„Halley-cella”: a leszálló ágak [azaz a **K-i** passzátszelek] alkotják ⇒ mérsékeltövi ciklonok/anticiklonok

Magyarország éghajlati körzetei:

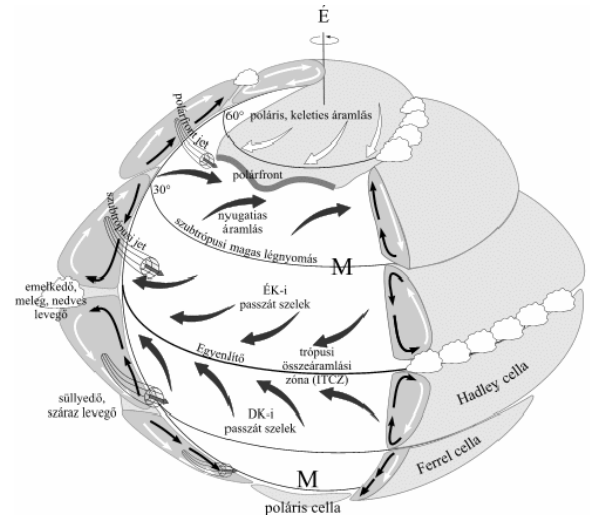
Meleg, száraz [Alföld] Mérsékelt hűvös, nedves / hűvös, meleg [hegységek, Alpok]

Befolyásoló tényezők:

- **É-D** gradiens [egyenlítőől való távolság
⇒ szoláris éghajlat
- **DNy-ÉK** gradiens: kontinentális hatás
[tengertől / Atlanti-óceántól való távolság
- **Tszfm.**

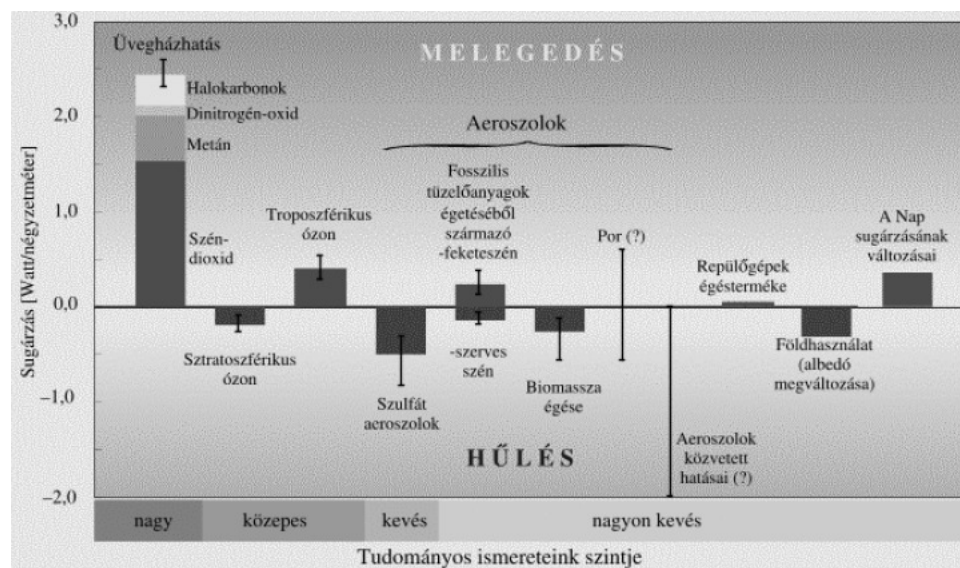
Szélsőségek Magyarországon:

- $T_{max} = 41,9^{\circ}C$, Kiskunhalas, 2007. 07. 20.
- $T_{min} = -35,0^{\circ}C$, Görömbölytapolca, 1940. 02. 16.
- $P_{max} = 1510mm$ [$\bar{P} \cong 500..800mm$], [évi]; Kőszeg, 1937
- $P_{min} = 235mm$, Szeged, ?
- Stb. [<klima.pdf> / 8. oldal]



Üvegházhatású gázok [$\Delta T = ?$]

- H_2O : **+20,6°C**
- CO_2 : **+7,2°C**
- O_3 : **+2,4°C**
- N_2O : **+1,4°C**
- CH_4 : **+0,8°C**
- Egyéb: **+0,6°C**



2008. 04. 04.

Környezeti sugárzások

[EM, természetes/mesterséges radioaktivitás, hangsugárzás, kozmikus sugárzás]

Környezeti hatások

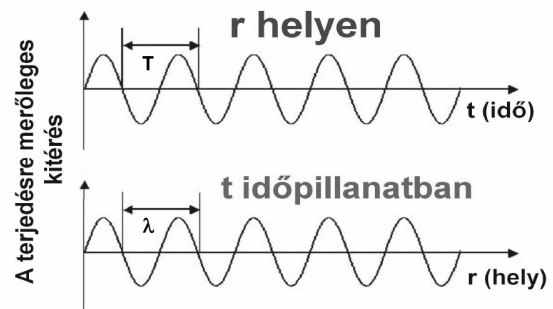
- Az ionizáló sugárzások kölcsön-hatása az anyaggal
- A radioaktív sugárzások biológiai hatásai
- Sugárhatás emberre, sugárvédelem
- A nem-ionizáló EM sugárzások biológiai hatásai

Jellemzők

- Távoli forrásból hullámok vagy részecskék segítségével energiát juttatnak el a megfigyelőhöz
- Érzékszerveink a sugárzások többségére teljesen érzéketlen → érzékelőkre, detektorokra van szükség
- Káros egészségügyi hatással járhatnak
- Általában mindennapi életünk részévé váltak, fontos a helyes megítélésük

EM sugárzások

- A biológiai lét *alapja*
- Kiterjedt jelenségkör → a sugárzások és a biológiai rendszerek kölcsönhatása összetett, bonyolult
- Forrása lehet természetes és mesterséges
- Hat a biológiai rendszerekre
- Az elektromos és a mágneses tér *hely* és *idő* szerint periodikus
- *Sebessége [vákuum]:* $c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$
- $\lambda = 1 \text{ km} \rightarrow \nu = 300 \text{ kHz}$
- $\lambda = 1 \text{ m} \rightarrow \nu = 300 \text{ MHz}$



- $\lambda = 10 \text{ cm} \rightarrow \nu = 3 \text{ GHz}$ (mikrohullám)
- mm-től → infravörös tartomány
- *Látható tartomány:* $380\text{--}780 \text{ nm} \rightarrow (7.8\text{--}3.8) \cdot 10^{14} \text{ Hz}$
- $\lambda = 1 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 1 \text{ nm} \rightarrow \nu = 3 \cdot 10^{17} \text{ Hz}$
- *Planck-állandó:* $h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \rightarrow \text{Foton energiája:}$
 $E = h \cdot \nu \rightarrow$; mikrofiz: $1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

Hullám

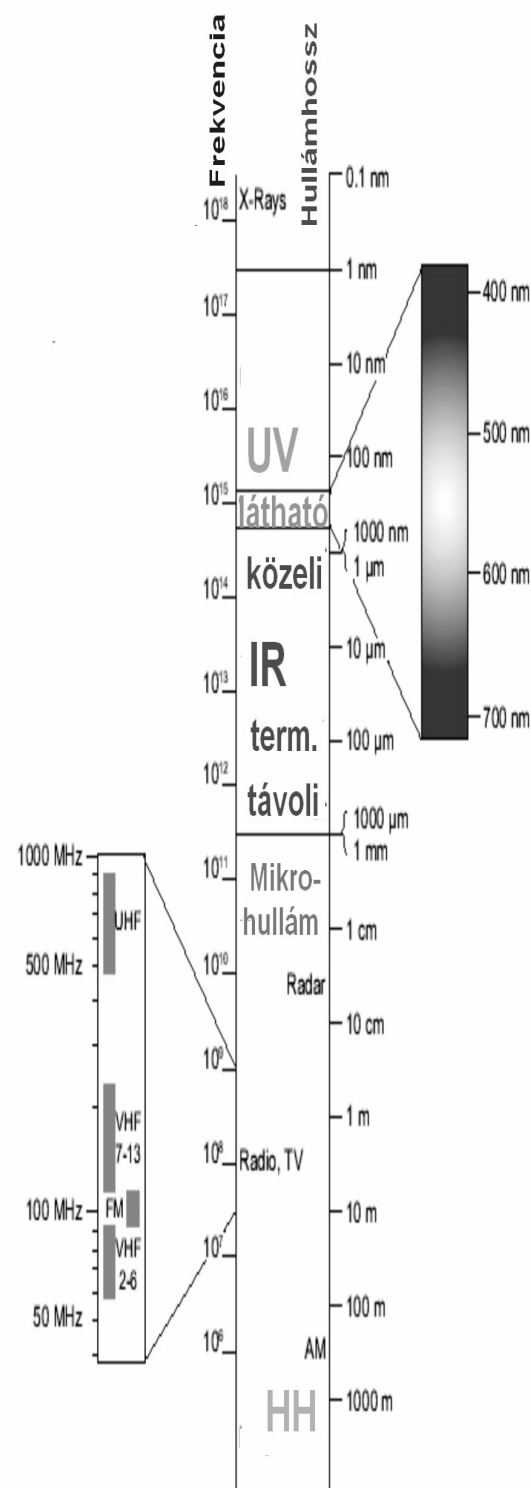
- 'haladó zavar'
- nincs anyagmozgás,
- hullám energiát közvetít.
- Pl.: motorcsónak – horgászcsonak
- Hullám lehet:
 - ⇒ *Transzverzális:* részecske kitérése merőleges a haladási irányra
 - ⇒ *Longitudinális:* kitérés $\parallel$ terjedéssel
- *Jellemzők:*
 - ⇒ λ hullámhossz, T periódusidő,
 - ⇒ f frekvencia: $f \left[\frac{1}{s} \right] = [Hz] = \frac{1}{T}$
 - ⇒ c sebesség: $c = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f$

A Nap

- *Teljesítménye:* **178 PW**
- *Sugárzási hőmérséklet* ~ **5900 K**
- *Szoláris konstans:*
 - ⇒ *A légkör felső határán:* **1.4 kW/m^2**
 - ⇒ *A Föld felszínén:* **$145\text{--}310 \text{ W/m}^2$**
- A sugárzási spektrumot a légkörben lévő molekulák elnyelése befolyásolja

Üvegházhatás: a Föld felszínén frekvencia-eltolódás a nagyobb hullámhosszak felé → ezekre nem áteresztő a légkör

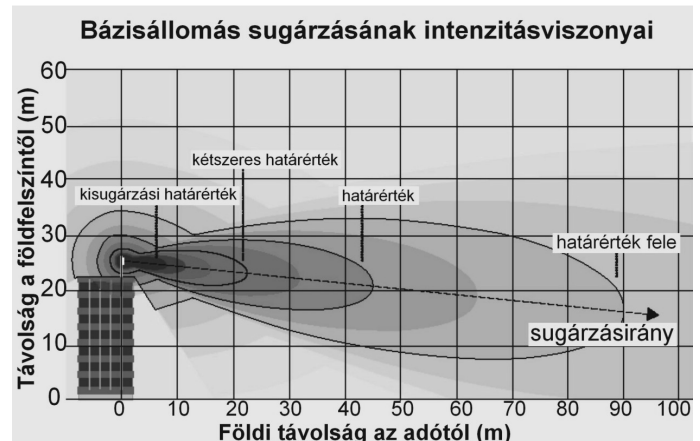
- *Üvegház gázok, pl.:* CO_2 , metán, vízgőz
- *A Föld geotermikus energiája:* ~ **$0.063 \text{ W/m}^2 \rightarrow \sim 36 \text{ TW}$** sugárzási teljesítmény



A geotermikus hő forrása: hosszú felezési idejű radioaktív izotópok bomlása [^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th , ^{40}K stb.]

EM mesterséges forrásai

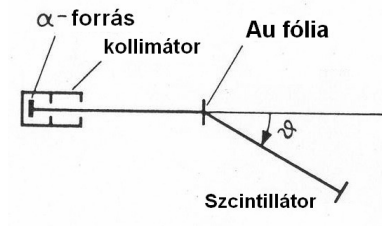
- Hálózat, rádió, TV, mikrohullámok
- Mobil: 0,9/1,8/2,1 GHz
- Mobil: készülék, amely egyaránt fogad és sugároz → problematikus
- Különböző frekvenciák → eltérő sugár-egészségügyi hatások
- Kérdések:
 - Melyek a káros jelenségek?
 - Mi a káros jelenségek kialakulásának feltétele?
 - Milyen mennyiségekkel jellemezzük a besugárzásokat?
- Dozimetriájuk, védekezés
- Külön tárgyalandók:
 - Alacsony frekvenciák (<3kHz)
 - Nagyfrekvenciás terek (10 kHz – 300 GHz; $E \sim \text{neV} - \text{meV}$)
 - Optikai tartomány (IR-látható-UV → $1 \text{ mm} < \lambda < 100 \text{ nm}$; 300 GHz–3PHz)
 - Ionizáló sugárzások (Rtg., gamma)



Radioaktivitás a természetben, kozmikus sugárzás, mesterséges radioaktivitás

Az atommag

- Ernest Rutherford, 1871-1937
- Lényeg: ~ 5 MeV α részecskék szórása atomokon → nem várható nagyszögű eltérülés (kicsik a terek, ha a töltések egyenletesen vannak elosztva)
- Kísérlet: Geiger és Mardsen 1909-1913
- Eredeti mérési eredmény → becslés magméretre → kicsi az energia, a magok nem merülnek egymásba
- Ma főleg elektronszórás kísérletekből ismerjük a töltés és maganyag-eloszlást
 $R \approx R_0 A^{1/3} \rightarrow R_0 \approx 1.2 \text{ fm} \rightarrow \rho_{\text{mag}} \sim \text{konst.}$
- Maganyag sűrűsége: $\rho = 1038 \text{ (nukleon/cm}^3) \sim 1014 \text{ (g/cm}^3) \sim 108 \text{ t/cm}^3$
- „Az atommag → protonokból és neutronokból áll”: James Chadwick, 1932



Kölcsönhatások a természetben

KÖLCSONHATÁS HATÓTÁV $\sim 10^{-18} \text{ m}$ $\sim 10^{-15} \text{ m}$

Erős (színerők)	---	1	1
Elektromágneses	∞	$\sim 1/25$	$\sim 1/20$
Gyenge	$\sim 10^{-18}$	$\sim 1/30$	$\sim 10^{-9}$
Gravitációs	∞	$\sim 10^{-41}$	$\sim 10^{-38}$

- Atommagok
 - összetartó erő: az erős kölcsönhatás
 - magszerkezetet alakítja még: EM
 - magfolyamatokban még szerepet játszik: a gyenge kölcsönhatás
- Atom: $\sim 10^{-10} \text{ m}$ sugarú elektronfelhő, közepén $\sim$ néhányszor 10^{-15} m sugarú mag

- *Elektronburok*: kémiai tulajdonság, EM
- *Fő mozzanat*: a protonok és a neutronok erős kölcsönhatása
- *A jelenségek megértésének eszköze*: kvantummechanika
- Az atommagok a természet egyedülálló kvantumfizikai laboratóriumai
- *Jelölések*:

Mag jele:

$$\begin{array}{ccc} X(A, Z, N) & A = Z + N & \\ \text{}^A X_N & & X \rightarrow \text{elem} \\ & Z & Z \rightarrow \text{rendsám} \\ & & N \rightarrow \text{neutronsám} \end{array}$$

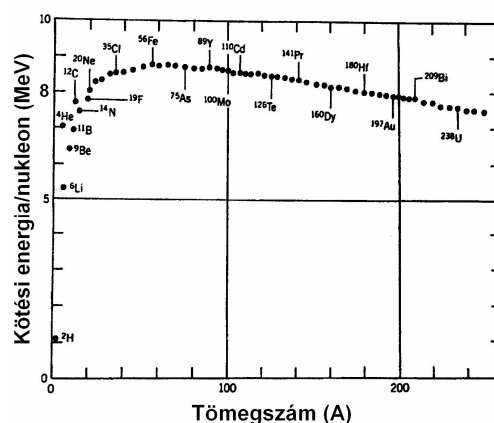
Példák: $^{12}_6\text{C}_6$; $^{40}_{20}\text{Ca}_{20}$; $^{235}_{92}\text{U}_{143}$

Izotóp ($Z=\text{konst.}$; pl. ^{235}U és ^{238}U)
azonos kémiai tulajdonság

Izobar ($A=\text{konst.}$; pl. ^{40}Ca , ^{40}K)
magfizikailag hasonlóak lehetnek

Izomér állapot
gerjesztett mag, „hosszú” $T_{1/2}$
Pl.: $^{113}\text{Cd}^*$ (14.1 év, 263.6 keV $11/2^+$)

- *Atommagok a természetben*: ~ 280 db
- β -instabil: ~ 1300 db
- Eddig vizsgált atommagok száma: ~ 2600
- Elvileg szerkezettel rendelkező (hasadási küszöb > 0) magok (nukleonrendszerek) száma: kb. 6000
- Tömege: az atom tömegének 99.98%-a
- Az atommagok kötési energiája: „Az az energia, ami akkor szabadul fel, ha az atommagot távoli p -ból és n -ból felépítjük.”
- Tömeghiány: az atommag tömege kisebb, mint az egyes alkotóelemeinek összege
- Átlagos (nukleononkénti) kötési energia: $B_{\text{ÁTL.}} = B(Z, A)/A$
- Magfizikai kötési energiák: ~5-6 nagyság-renddel nagyobbak, mint a kémiai energiák
- Az atommagok állapotai: ugyanaz a nukleonrendszer sok, különböző energiájú állapotban lehet: **alapáll., gerj. állapotok**
- A magállapotokat jellemzi:
 - energia (alapáll.-hoz képest)
 - élettartam
 - spin ($\hbar \sim 10^{-34} \text{J} \cdot \text{sec}$ egységekben)
 - paritás
 - áram- és töltéseloszlások (mágneses és elektromos momentumok)
 - bomlásmódok, elágazási arányok
 - gerjesztési módok
 - viselkedés különböző magreakciókban
- *Radioaktív bomlások során*: atommagok átalakulása: új mag, vagy ugyanannak a magnak egy másik állapota



Általános fogalmak

- *Aktivitás* → 1 boml./sec = 1 Bequerel (Bq) (régi: 1 Curie = 1 Ci = $3,7 \cdot 10^{10}$ boml./sec)

➤ *Felezési idő ($T_{1/2}$)*

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda \cdot N \text{ (mert független a bomlás)} \rightarrow N(t) = N(0) \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

$$e\text{-ed részére } 1/\lambda \text{ idő alatt} \rightarrow T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = 0.69/\lambda$$

→ $T_{1/2}$ alatt felére, $2 \cdot T_{1/2}$ alatt a negyedére...

➤ *Bomlássorok hosszú $T_{1/2}$ -ű anyamaggal:*

$$N_1 \cdot \lambda_1 = N_2 \cdot \lambda_2 = N_3 \cdot \lambda_3 \dots \text{radioaktív egyensúly}$$

→ Minden, a bomlássorhoz tartozó izotóp aktivitása ugyanaz

Radioaktív bomlások fajtái: α , β és γ bomlás, spontán hasadás

a) $\alpha \rightarrow {}^4\text{He}$ atommag távozik: $\Delta A=4$, $\Delta Z=2$

Ok: magban megvan az $\alpha \rightarrow$ pot. gát véd

Felezési idők: széles tartomány

b) β -bomlás

Ok: gyenge kölcsönhatás (kvark, lepton)

Hatótávolság kicsi ($\sim 10^{-18}$ m-nál $\sim$ EM erős)

Magban 2 p-re: 10^{-7} -ed EM $\rightarrow$ gyenge

→ *kis valószínűségi folyamatok* → nagy $T_{1/2}$

Pl. atommagban: $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$

elektronok folytonos eloszlásúak

A magok β -átmeneteinek típusai:

Negatív β -boml.:

Szabad neutron: $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e + 0.782 \text{ MeV}$, $T_{1/2} \sim 10.4 \text{ p}$

Kilép: elektron és antineutrínó

Magokban: 'Z' eggyel nő

A negatív β -bomlás energetikai feltétele: $M_Z c^2 - M_{Z+1} c^2 > 0$

Pozitív β -boml.: $p \rightarrow n + e^+ + \nu$

Z eggyel csökken; kilép: pozitron és neutrínó

Energetikai feltétel: $M_Z c^2 - M_{Z-1} c^2 - 2 \cdot m_0 c^2 > 0$;

el. nyug. tömege: 511 keV, $\Delta \rightarrow > 1.022 \text{ MeV}$

Elektronbefogás: $e^- + p \rightarrow n + \nu_e$

Szokásos jele: EC (electron capture)

Energetikai feltétel: $M_Z c^2 - M_{Z-1} c^2 - E_{\text{köt}}^e > 0$

Főleg a legbelső, K-héjról $\rightarrow$ K-befogás (lehet L, M is)

Kíséri: Rtg. sugárzás, Auger-elektronok

c) *EM átmenet:*

atommag magasabb energiájú állapotából EM kölcsönhatással alacsonyabb energiájú állapotába megy át

Energiakülönbség: $\sim 100 \text{ keV} - \sim \text{MeV}$

Kilépő részecske lehet:

- $\gamma \rightarrow$ EM kvantum (foton, gamma)
- belső átmenetnél (IT) $\rightarrow$ monoenergiás elektron

- d) Spontán hasadás → nehéz magoknál
Ritkán fő bomlásmód

Radioaktív családok

α , β , γ → az anyaizotóp tömegszáma és a leányelem 4-el osztva → maradék ugyanaz
Ezért → 4 család lenne

- $4n \rightarrow {}^{232}_{90}\text{Th}$ ($1,4 \cdot 10^{10}$ év); *tórium-sor*

stabil végmag ${}^{208}_{82}\text{Pb}$ (52.4%)

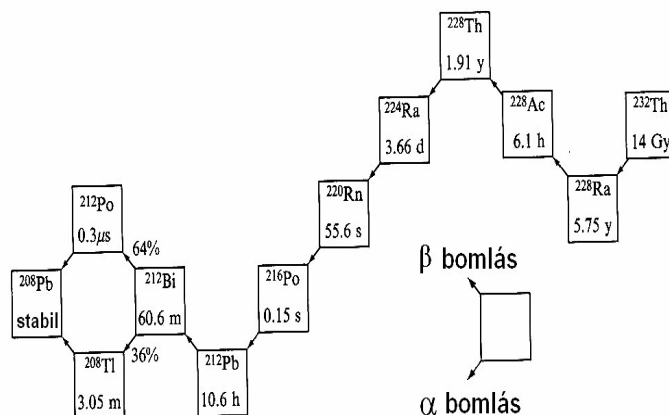
- $4n+1 \rightarrow {}^{237}_{93}\text{Np}$ ($2,2 \cdot 10^6$ év); *neptúnium-sor*, ${}^{209}_{83}\text{Bi}$ (100%)
a rövid felezési idő miatt már elbomlott

- $4n+2 \rightarrow {}^{238}_{92}\text{U}$ ($4,5 \cdot 10^9$ év); *urán-sor*
 ${}^{206}_{82}\text{Pb}$ (24.1%)

leányeleme ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ (3.8 nap)

nemesgáz → migrál → egészségügyi probléma

- $4n+3 \rightarrow {}^{235}_{92}\text{U}$ (0.7. 10^9 év);
aktínium-sor, ${}^{207}_{82}\text{Pb}$ (22.1%)



Hosszú felezési idejű izotópok

A radioaktív családhoz tartozó 3 izotópon kívül ~ 20 db $T_{1/2} >$ milliárd év felezési idejű atommag létezik a természetben

Pl.: ${}^{40}_{19}\text{K}$ ($1,28 \cdot 10^9$ év – 0.012%); ${}^{87}_{37}\text{Rb}$ ($4,7 \cdot 10^{10}$ év – 27.83%); ${}^{113}_{48}\text{Cd}$ ($9 \cdot 10^{15}$ év – 12.3%); ${}^{115}_{49}\text{In}$ ($5 \cdot 10^{14}$ év – 95.7%)

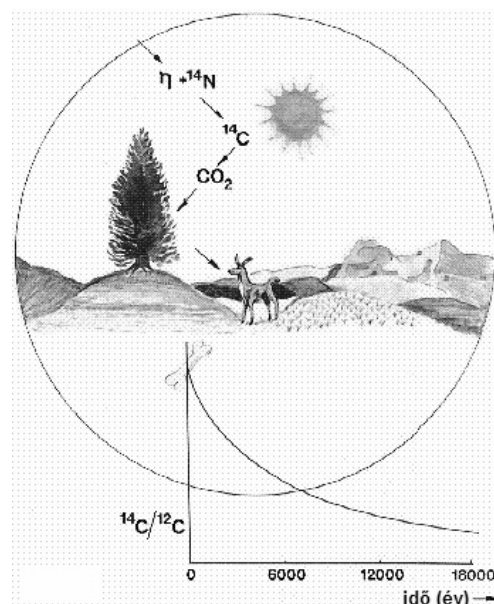
A természetes radioaktív izotópok az oka a geotermikus energiának (vagy döntő – >70% – többségének)

Folyamatosan keletkező izotópok

Mechanizmus: a kozmikus sugárzás protonja a felső légkörben → nagy energiájú neutronok → magátalakulás

Fontos példák:

- ${}^3\text{H}$ (12.3 év – β [$E_{\max}=18.6$ keV])
 - folyamatok:
 - ${}^{14}\text{N}(\text{n},\text{t}){}^{12}\text{C}$ és ${}^{16}\text{O}(\text{n},\text{t}){}^{14}\text{N}$
 - Keletkezési seb. ~ 0.25 atom/($\text{cm}^2 \cdot \text{s}$)
 - egyensúlyi mennyiség az atmosz-férában: ~4 kg
 - egyenetlen eloszlású, nem keveredik gyorsan
- ${}^{14}_6\text{C}$ (5730 év – β [$E_{\max}=156$ keV])
 - folyamat: ${}^{14}\text{N}(\text{n},\text{p}){}^{14}\text{C}$, 2 atom/($\text{cm}^2 \cdot \text{s}$)
 - évente ~ 7 kg keletkezik, gyorsan keveredik a CO_2 -n keresztül;
 - ~ 56 t egyens. mennyiség a légkörben
 - → élő szervezetben 13.5 Bq/g → kormeghatározás



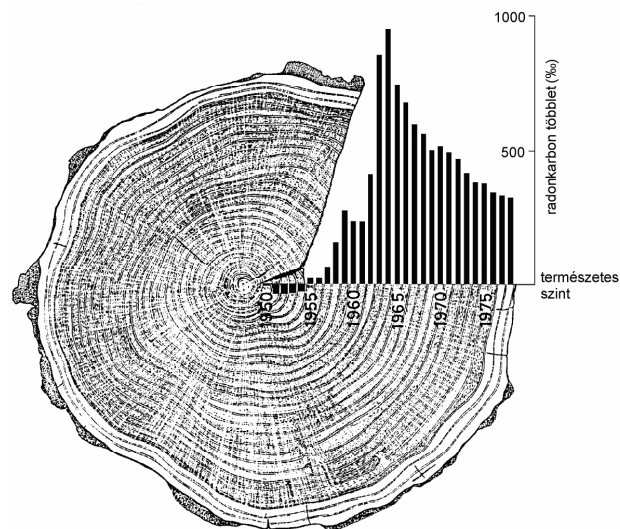
${}^{14}\text{C}$ kormeghatározás (felezési idő: 5730 év)

**Civilizációs eredetű, a bioszférába
kijutott radioaktivitás**

Ok: nukleáris fegyverkísérletek (1963-ig),
nukleáris technika, reaktorok, stb.

Példák: $^{137}_{55}\text{Cs}$ (30.07 év);
 $^{90}_{38}\text{Sr}$
(28.78 év)

**Dózis tőlük <0.1 %-a természetes
radioaktivitásénak**



Kozmikus sugárzás: a világűrből érkező sugárzás főként protonokból áll!