

A légkör kialakulása, felépítése

3.7 LECKE

Légkör: a Földet körülvevő gázok, szilárd és cseppfolyós részecskék keveréke

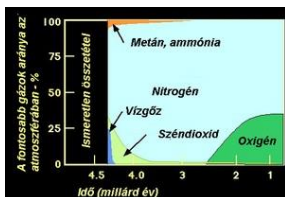
- N és O a legnagyobb koncentrációban

Égitest	Átmérő km	Átlagos naptávolság 10^6 km	Átlagos felszíni hőmérséklet °C	Fontosabb légköri összetevők
Nap	1392000	-	5800	-
Merkúr	4480	58	260	-
Vénusz	12112	108	480	CO ₂
Föld	12740	150	15	N ₂ , O ₂
Mars	6800	228	-60	CO ₂
Jupiter	143000	778	-110	H ₂ , He
Szaturnusz	121000	1427	-190	H ₂ , He
Uránusz	51800	2869	-215	H ₂ , CH ₄
Neptunusz	49000	4498	-225	H ₂ , CH ₄
Plútó	3100	5900	-235	CH ₄ , ?

Földi légkör kialakulása

- Földi őslégkör döntően H és He -ből állt, kismértékben CH₄, NH₃
- 4,6 milliárd éve (a Föld kialakulása) meteorok, üstökösök, bolygókezdemények becsapódása -> ezek jelentős mennyiségű gázokat szállítottak magukkal fagyott állapotban (nagyobb becsapódás esetén a bolygó belsejébe is kerülhetett bizonyos mennyiségű gáz)
- űtközés -> hőfelszabadulás -> ezen gázok elillanása és légkörbe kerülése
- vulkáni tevékenység révén a Föld belsejében maradt gázok fokozatosan a felszínre jutottak – másodlagos légkör kialakulása:
 - vízgőz, CO₂, kevés N₂

- kőzetbolygók közül legerősebb gravitációs erőterrel a Föld rendelkezik -> segít a légkör megtartásában
- Naptól való „ideális” távolság -> nem túl meleg légkör -> nehezebb molekuláknak csak kis hányada tud elszóráni a világűrbe
- Föld mágneses tere -> segít megakadályozni, hogy a napszél elsodorja a molekulákat a légkör felső részéből
- ! De legkisebb molekulású gázok (hidrogén, hélium) ezen hatások mellett is bolygóközi térbe szöknek



- több százmillió év alatt a légkör fokozatosan lehűlt – vízgőz kondenzációja – felhőképződés – folyók, tavak, óceánok kialakulása

- légköri CO₂ nagy részét elnyelték az óceánok – feldúsult a nitrogén
- légköri oxigén koncentrációja fokozatosan növekedett – 2-3 mrd évvel ezelőtt már elegendő oxigén volt ahhoz, hogy primitív növények létrejöhessenek
- a napjainkban megfigyelhető koncentráció-szint elérése kb. néhány 100millió évvel ezelőttre tehető

Légkör összetétele

- a légkör 5,3 x 10¹⁵ t anyagot tartalmaz
- légkör anyaga fokozatosan megy át a bolygóközi térbe
- a **Föld légköre** a különböző gázok és részecskék tömegének azon összessége, melyet bolygónk saját tengelye körüli forgása, vagy tágabb értelemben a Nap körüli keringése során magával visz
- levegő össz tömegének fele 5,5 km-es szint alatt, azonban az össz tömeg 99%-a a 30 km-es szint alatt helyezkedik el

- fő alkotórészei:
 - nitrogén (78,084 térfogat %)
 - oxigén (20,946 térfogat %)
 - argon (0,934 %)
 - egyéb nemesgázok
- a fő alkotórészek koncentrációja nem változik (kb. 80 km magasságig) – **állandó gázok**
- további gázok változóznak tekinthetők - koncentrációjával és tartózkodási idejével jellemezzük

	Koncentráció (ppm)	Tartózkodási idő (év)
CO ₂	380	20-150
CH ₄	1,77	10
H ₂	0,50	2
N ₂ O	0,32	150

Változó gázok a légkörben

- **ppm:** megmutatja, hogy a térfogatrészben egymillió molekulából hány darab pl. a CO₂ molekula
- **tartózkodási idő:** megmutatja, hogy egy molekula átlagosan mennyi időt tölt a légkörben (állandó gázoknál ez ezer években mérhető)

- időszak elején 290 ppm körüli konc.
- növekedés antropogén hatásnak köszönhető
 - fosszilis tüzelőanyagok
 - erdőirtás
- további növekedés esetén a jóslatok 600 ppm körüli értéket jeleznek 100 év múlva

Légköri CO₂ mennyiségének változása 1900-tól napjainkig

	Koncentráció (ppm)	Tartózkodási idő (év)
vízgőz	(0,4-400) x 10 ²	10
O ₃	(0-5) x 10 ⁻²	10
NO ₂	(0-3) x 10 ⁻²	3
CO	(1-20) x 10 ⁻²	30
NH ₃	(0-2) x 10 ⁻²	5
SO ₂	(0-2) x 10 ⁻²	2
H ₂ S	(0-3) x 10 ⁻²	2

Erősen változó gázok

- ozon kis mennyiségben, a káros ultraibolya sugárzást elnyeli. Felsőbb légrétegekben folyamatosan nő a koncentrációja, majd 25 km-es magasságtól ismét csökken – 70 km felett elenyészően kevés mennyiségben
- felszín közelében káros az élő szervezetekre – bizonyos időjárási helyzetekben megnövekedhet a koncentráció – LA típusú

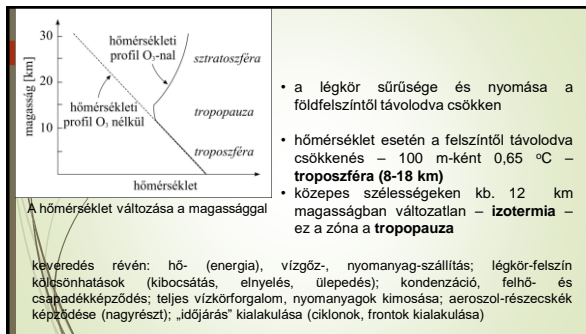
- a légkörben számottevő mennyiségű, különféle kémiai összetételű anyag található szilárd, vagy folyékony állapotban, kisméretű részecskék formájában
- ezek a részecskék a gravitáció hatására a levegőhöz képest lefelé süllyednek, de minél kisebb a méretük, annál kisebb a süllyedési sebessége, a levegő mozgásai pedig könnyen újra a magasba emelik őket
- a levegőben eloszolva lebegő apró szilárd részecskék vagy folyadékseppeszkék a levegővel együtt alkotják az ún. légköri aeroszolt

A részecskék mérettartományai

aeroszol lebegő por, aeroszeszton ülepedő por, aeroplankton levegőben lebegő mikroszkopikus élőlények

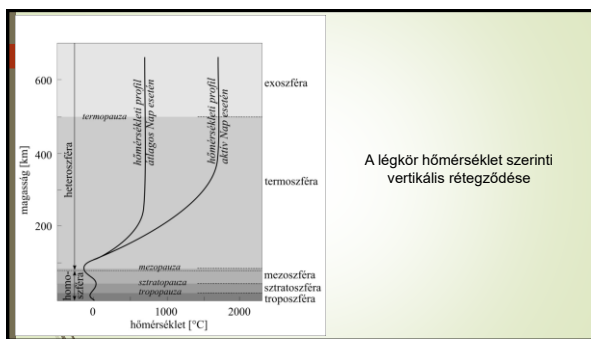
Légkör vertikális szerkezete

- légköri gázok aránya szempontjából két fő réteg:
 - **homoszféra:** kb. 80 km-es magasságig terjed, a gázok egymáshoz viszonyított aránya állandó, melyet a turbulens mozgások biztosítanak
 - **heteroszféra:** lamináris áramlás, a légkör összetétele a molekula, ill. atomsúly szerint alakul
 - molekuláris oxigén
 - kb. 200 km-es magasság felett atomos oxigén
 - 1000 km felett hélium
 - 2500 km felett hidrogén alkotja már a rendkívül ritka légkört



- ezt követi a **sztratoszféra**, hőmérséklet függőleges irányú növekedése – nagy ózonkoncentráció, kb. 50 km-ig tart (-2°C) – újabb izoterm réteg, **sztratropauza**
- a pozitív hőmérsékleti gradiens miatt konvektív áramlás nincs, de erőteljesek a horizontális áramlások (turbulencia)
- **mezoszféra** – hőmérséklet vertikális csökkenése – a légkör rendkívül kis sűrűségű, az ózon mennyisége is elenyésző – energiabevétel a sztratoszféra felől
- kb. 85 km magasan újabb izotermia – **mezopauza** (-90°C) – éjszakai világító felhők

- **termoszféra:** 80-90 km-től 500-1000 km-ig a naptevékenységtől függően, hőmérséklet nő
- légkör rendkívül ritka, így az elnyelt csekély energia nagyon gyors hőmérséklet emelkedést okoz – 300 km-es magasságban már kb. 700°C , aktív naptevékenység esetén ez akár 1700°C is lehet
- Aurora Borealis + Nemzetközi Űrállomás
- **exoszféra:** termoszféra fölött 1000-190 ezer km-ig (definíciótól függően) – az atomok a Föld gravitációs erejét legyőzve a világűrbe távoznak
- műholdak



Légszennyező anyagok 3.8 LECKE

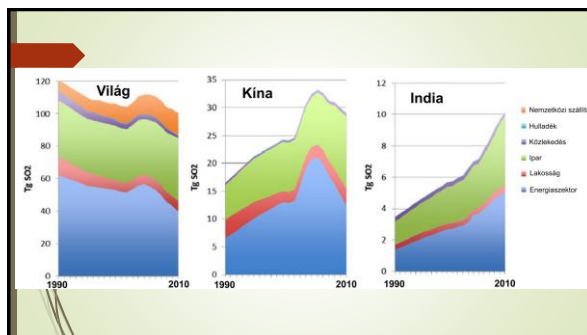
- **légszennyező anyag:** minden olyan anyag, mely olyan mértékben jut a levegőbe, hogy az embert és környezetét károsítja vagy anyagi kárt okoz
 - természetes: pl. vulkán, erdőtüz, szélvihar
 - antropogén: szállítás, energiatermelés, ipar, stb.
- legjelentősebb a fosszilis energiahordozók égetése
- legfontosabb antropogén szennyezők:
 - kén-oxidok
 - nitrogén-oxidok
 - szén-dioxid, szén-monoxid
 - ózon
 - szálló por
 - PAH

Elem csoport	Szennyező vegyületek	A szennyezés eredete
S	SO ₂ SO ₃ H ₂ S R-SH (merkaptán)	mezőborendezések fűtése, vegyipari és fémkohászati folyamatok mezőborendezések fűtése, vegyipari és fémkohászati folyamatok, szennyvíz kezelés, papír- és cellulózgyártás
N	NO, NO ₂	nagyhőmérsékletű égési folyamatok, salétromsavgyártás, robbanómotórok, utrálo folyamatok
	egyéb bázikus nitrogénvegyületek	szennyvíz, szennyvíztisztítási folyamatok, pártfogó gyártás, oldószer előállítás
F	NH ₃	ammóniagyártás, műtrágya és növényvédőszer gyártás
	HF	foszfát-műtrágyagyártás, alumíniumipar, kerámia- és műanyagipar
	SiF ₄	foszfát-műtrágyagyártás, alumíniumipar, kerámia- és műanyagipar
Cl	HCl Cl ₂	szennyvíztisztítás, PVC gyártás, szerves klorozó eljárások, klorogázítás
C	Szervesen: CO CO ₂ Szerves szénhidrogének aldehidek Formaldehid Acetaldehid ketonok alcoholok fenolok mikroorganizmák	tökéletesen égési folyamatok, robbanómotórok égési folyamatok (általában nem tekintik légszennyező anyagnak) tökéletesen égési folyamatok, oldószer előállítás, kövegfeldolgozás tökéletesen égési folyamatok földtlen kezelés földtlen kezelés petroléngyártás, műanyagipar zártsámbúci eljárások

A légkör legfontosabb gáz halmazállapotú szennyezői

Legfontosabb légszennyezők - SO₂

- legnagyobb mennyiségben bocsájtják ki ma is – kb. 100 Mt/év
- 1990-es évek környékén általában az iparosított területek voltak a legnagyobb kibocsátók
 - Sp.o. észak-atlanti partvidéke
 - Belgium és É-Fro. iparterületei
 - É-Olo.
 - Mo. ipari tengelye
 - Ukrajna Donyec-medence iparvidéke
 - Románia és Bulgária
- 1995 körül javult a helyzet, viszont új szennyező
 - Atlanti-óceán – La Manche – Északi-tenger útvonal, mely a tengeri dízelüzemű közlekedésből származó
 - D-Eu. aktív vulkanizmusának kén emissziója



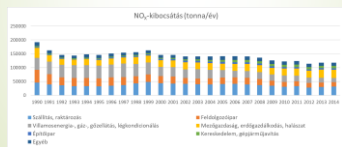
- Mo.-on a Mátrai Hőerőmű volt az egyik legnagyobb kibocsátó, de 2000 körül felszerelt új kéntelenítő berendezés javított valamit a helyzeten
- meghatározó a szennyező tekintetében az évszak és a meteorológiai helyzet
 - skandináv tavak savasodása következtében fellépő ökológiai károk, melynél kimutatták, hogy az angol és német iparvidékek szennyező anyagai a felelősek
 - épületek tartóssága szempontjából káros – építőipari kötőanyagokat pusztítja

Jövőkép:

- energiatermelés a legfőbb meghatározó eleme a kénkibocsátásnak (60%)
- ipar (22%), háztartás (9%), közlekedés (5%)
- sajnos több országnak szüksége van a gyenge minőségű, nagy kértartalmú szenekebből és/vagy olajszármazékokból (pl. pakura) nyerhető, viszonylag olcsó energiára – hőerőművekben a kéntelenítést meg kell oldani!

Legfontosabb légszennyezők – NO_x

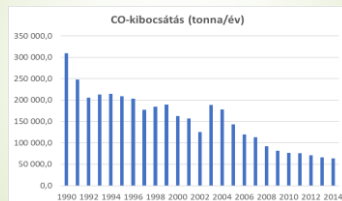
- 177 Mt/év NO_x kerül a Föld légkörébe. Forrásai:
 - égési folyamatok (közlekedés, háztartási és ipari tüzelőberendezések)
 - vegyipari
 - természetes (biomassza, ásványi trágyák, fotokémiai reakciók)



KSH adatai alapján

Legfontosabb légszennyezők - CO

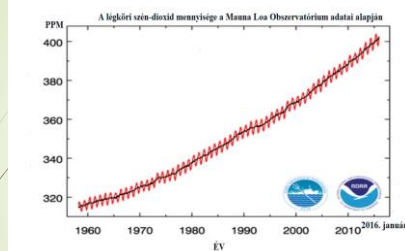
- összes kibocsátás 80%-a természetes forrásokból



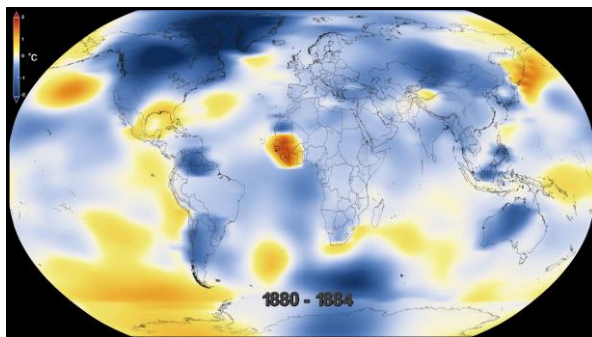
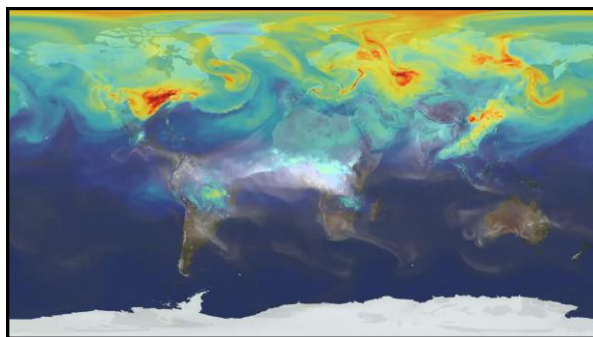
CO kibocsátása Magyarországon

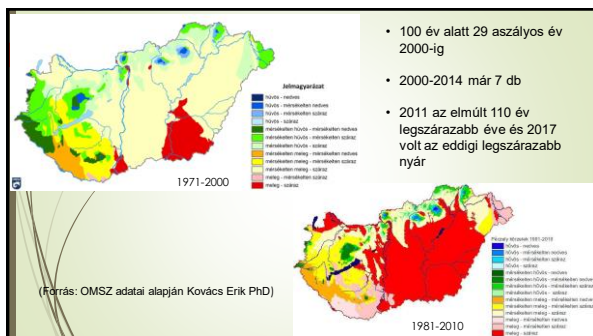
Legfontosabb légszennyezők - CO₂

- legjelentősebb üvegházhatású gáz, hosszú a tartózkodási ideje a légkörben – csökkenés hosszú idő után jelenhet meg
- fosszilis tüzelőanyagok elégetéséből (hőerőművek, lakossági- és ipari fűtés, közlekedés, erdőégetés – erdőhiány miatti lekötés csökkenés, stb.)



A légköri CO₂ mennyisége az 1960-as évektől napjainkig (NOAA)





Freonok és halonok

- freonok (fluor-klór-szénhidrogének): hosszú élettartamú anyagok kémiai- és hőhatásnak ellenállnak hűtőközegként, vívóanyagként
- halonok (halogénezett szénhidrogének): C, F, Cl, Br atomokból állnak magas kémiai és hőstabilitás
- stabilitásuk következtében feljutnak magasabb légrétegekbe - ózonlyuk

Legfontosabb légszennyezők – CH₄

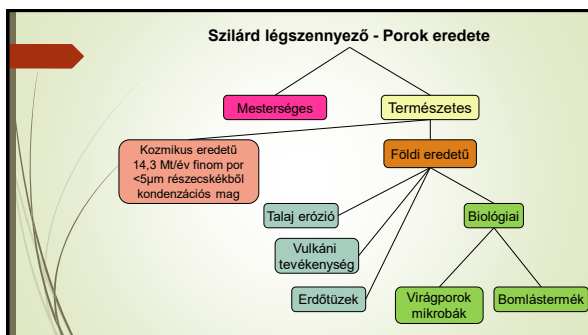
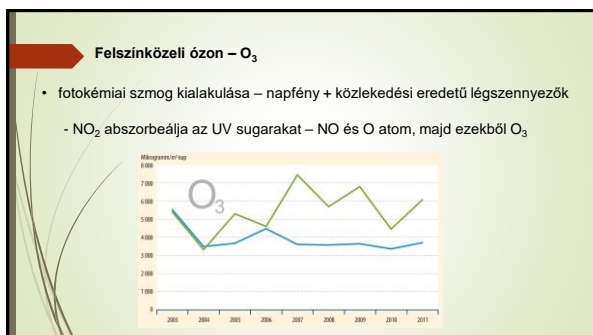
- mennyisége az elmúlt 200 év alatt megduplázódott
- természetes úton bomlásból, antropogén megjelenési forrásai – rizstermelés, hulladékok bomlása, bányászat, energiaipar, használatok bégáza, stb.
- Magyarországon: üzemanyagok, hulladéklerakók, szennyvíztisztítók, mezőgazdaság, stb.
- kibocsátásunk csökken, azonban a légköri össz-koncentráció nőtt

Policiklikus aromás szénhidrogének - PAH

- főleg a gépkocsik kipufogógázában (mintegy 30 féle PAH vegyület)

Illékony szerves vegyületek – VOC (Volatile Organic Compounds)

- levegőben előforduló szennyező szénhidrogén származékok (kivéve metán)
- napsugárzás hatására N-oxidokkal reakcióba lépve – fotokémiai füstköd
- forrás lehet természetes, de főként antropogén eredetű
 - tüzelő- és üzemanyagok, oldószerek párolgása
 - kipufogó gázokból az üzemanyag tökéletlen égésekor
 - üzemanyagok elfolyása vagy tankokból való párolgása





Szilárd légszennyezők – Korom

- földgáz, olaj-tüzelésnél kiválás
- túlnyomórészt grafitkristály
- jelentős fényelnyeléssel rendelkezik, ezért melegedést okoz

- aeroszol tekintetében nagy sáv alkotja a kontinens törzset: Angliától a Volgáig, észak-déli irányban pedig a Holland-Német-Lengyel síkságtól az Appennini- és a Balkán-félsziget gyökeréig terjed ki

WHO 108 ország több mint 4300 városának levegőszennyezettségét vizsgálta

- hagyományos tüzhelyek
- túl engedékeny kibocsátási normák
- alacsony és közepes jövedelmű országokra esik a halálesetek 90%-a
- városok lakosságának növekedése tovább ront a helyzeten
- jó példa is van... India, Mexico – tiszta energia használatának növekedése, járművek kibocsátási határértékének szigorítása

Légszennyező források és ellenük való védekezési lehetőségek

3.9 LECKE

Légszennyező források

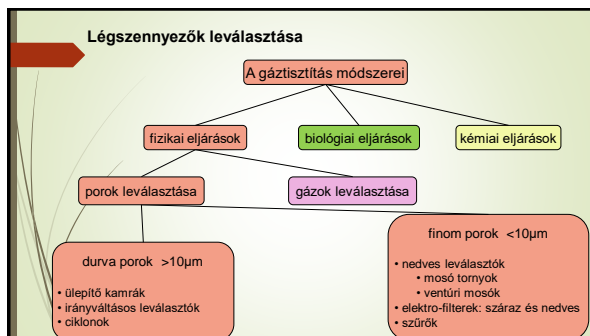
- **helyhez kötött légszennyező pontforrás:** engedélyköteles, meghatározott időre adják ki, minimum 5 évente felül kell vizsgálni, sűrűbben is, ha szükséges.
- **helyhez kötött diffúz légszennyező forrás:** kibocsátó felület van, pl. meddőhányó, hulladéklerakó, anyagtárolás, stb. Engedélyköteles, meghatározott időre adják ki, minimum 5 évente felül kell vizsgálni, sűrűbben is, ha szükséges.
- **mozgó légszennyező forrás:** csak akkor helyezhetők forgalomba és üzemeltethetők, ha betartják a levegővédelmi követelményeket (pl. közúti, vasúti, vízi vagy légi járművek)

- **vonalforrások:** nyomvonalas létesítmények (vasút, közút) vagy azok egy része, ahol az elhaladó járművek jellemzői határozzák meg az egységnyi szakaszból származó légszennyezőanyag kibocsátást. Ha túllépés van, akkor akár forgalomszervezési vagy egyéb korlátozó intézkedéseket is bevezethetnek
- **bűzzel járó tevékenységek:** az elérhető legjobb technika alkalmazásával kell elérni azt, hogy a lakosságot zavaró bűz kerüljön a levegőbe. A határértéket szagegység/m³-ben írja elő a környezetvédelmi felügyelőség a közegészségügy állásfoglalása alapján.

Szagegység – szagérzetet vált ki a szagmérés során az észlelők 50%-ában (szaganyag mennyiség 1 m³ gázban)

Lokális, település léptékű légszennyeződés

- füstköd:** egyes légszennyező anyagok huzamosabb ideig fennálló, jogszabályokban meghatározott légszennyezettségi határértéket túllépő koncentrációját
- kialakulásához szükséges meteorológiai, térgeometriai (beépítettség, házak nagysága és elhelyezkedése) és domborzati körülmények megfelelő jelenléte
 - redukáló Londoni-típusú szmog (tél): kialakulásának alapja a SO₂, CO és korom
 - oxidáló Los Angeles típusú szmog (nyár): közlekedés során felszabaduló NO_x-k és szénhidrogének



Ellenük való védekezés

- száraz eljárás:** fizikai tulajdonságok alapján választanak le, ha a szennyezőanyag értékes, a leválasztás után újra hasznosítható. Feltétele, hogy a levegőből gőzök ne kondenzálódnak
- nedves eljárás:** előnye, hogy gázok és porok egyaránt eltávolíthatóak. Hátránya a nagyobb energiaigény, korrózióveszély és a keletkezett mosóoldatok további kezelésének fontossága

Szennyező anyagok leválasztási eljárásai

Szilárd szennyezők	
Száraz leválasztás	Nedves leválasztás
tömegesen alapuló leválasztás	mozgó alkatrész nélküli leválasztó
szűrősen alapuló leválasztás	leválasztó mozgó alkatrészrel
elektrosztatikus leválasztás	nedves elektrosztatikus leválasztás
centrifugális erőn alapuló leválasztás	
Gáz halmazállapotú szennyezők	
Szennyezőanyag leválasztása	Szennyező anyag átalakítása
abszorpció	termikus égetés
adszorpció	katalitikus égetés
kondenzáció	katalitikus redukció
	véggázok biológiai tisztítása

Irányváltásos porleválasztók

- gravitáción alapuló porleválasztók: megfelelő sebességgel áramló gázból a nagyobb tömegű szilárd részecskék kihullanak
- hatékonyság növelés az áramlás irányának változtatásával érhető el
- szűrőssel történő porleválasztás: porózus szűrő réteg, melyek szöveteik, szemcsés vagy rostos anyagok lehetnek

A ciklon felépítése és a benne áramló gáz útja

- centrifugális erő segítségével, mozgó alkatrészek felhasználása nélkül, a hengerben keringetett gázból kiválasztja a szilárd szennyezőket
- több együttesen multiciklont alkot

- fő részei:
 - gázbevezető csomak
 - hengeres rész
 - kúpos rész
 - gázkivezető cső (merülő cső)
 - porkivezető nyílás
 - portartály
- a merülő cső átmérőjével azonos méretű képzeletbeli henger az **örvényhenger**, melynek a felületén 50%-os valószínűséggel válnak ki az úgynevezett **határszemcsék**

