

Levegő Füzetek

Kiadja a Levegő Munkacsoport

Légszennyezés

Simon Gergely



Budapest 2004



TARTALOM

A közlekedés okozta légszennyezés	5
A katalizátor	6
A közlekedés okozta egyéb szennyezések	7
A légi közlekedés által okozott környezetpusztítás	9
Az ózon	13
A fotokémiai (nyári) szmog	14
A london típusú (téli) szmog	15
Természetes és biológiai légszennyező folyamatok	17
A mezőgazdaság, mint a légszennyezés forrása	18
Miért károsak a szennyező anyagok?	19
Az ipar	20
A legfontosabb légszennyező anyagok	22
Határértékek	26

Ez a dokumentum a Levegő Munkacsoport Zöld könyvtárából származik. A szerzői és egyéb jogok a dokumentum szerzőjét/tulajdonosát illetik. Ha a szerző vagy tulajdonos külön is rendelkezik a szövegben a terjesztési és felhasználási jogokról, akkor az ő megkötései felülbírálják az alábbi megjegyzéseket. Ugyancsak ő a felelős azért, hogy ennek a dokumentumnak elektronikus formában való terjesztése nem sérti mások szerzői jogait.

Ez a dokumentum elektronikus formában szabadon másolható, terjeszthető, de csak saját célokra, nem-kereskedelmi jellegű alkalmazásokhoz, változtatások nélkül és a forrásra való megfelelő hivatkozással használható. Minden más terjesztési és felhasználási forma esetében a szerző/tulajdonos engedélyét kell kérni. Ennek a copyright szövegnek a dokumentumban mindig benne kell maradnia.

Mi a levegőszennyezés?

A levegőszennyezés (légszennyezés) a légszennyező anyagoknak a – jogszabályban meghatározott – kibocsátási határértéket meghaladó mértékű levegőbe bocsátása. A gyakorlatban a légszennyezés anyagok vagy energiák levegőbe juttatása oly módon és mértékben, ami veszélyezteti az emberi egészséget. Ártalmas az élőlényekre illetve az ökológiai rendszerekre, az anyagi javakra, valamint csökkenti vagy akadályozza a környezet által nyújtott kikapcsolódási és más, jogszerűen igénybe vehető lehetőségek kihasználását. A „levegőszennyező anyagok” kifejezés ennek megfelelően értelmezendő.

A levegőszennyezéstől megkülönböztetjük a levegőterhelést (idegen szóval: emisszió), ami egyszerűen valamely anyag vagy energia levegőbe juttatása.

Anagy távolságra jutó, országhatárokon áterjedő levegőszennyezés azt jelenti, hogy a szennyezés fizikai eredete részben vagy egészben egy állam nemzeti fennhatósága alatt álló területen van és károsan hat egy másik állam fennhatósága alatt álló területen olyan távolságban, hogy az egyes kibocsátó forrásokat vagy forráscsoportokat általában nem lehet elkülöníteni egymástól, nagyságrendjüket meghatározni.

A légszennyezés leggyakoribb mértékegységei:

$\mu\text{g}/\text{m}^3 = 10^{-6}$ gramm légszennyező anyag / 1 m^3 levegő

ppm = (parts per million) 1 mól (6×10^{23} db) molekula / 1 millió mól gáz

ppb = (parts per billion) 1 mól (6×10^{23} db) molekula / 1 milliárd mól gáz

A légszennyező anyagok egyaránt lehetnek természetes és emberi eredetűek. A legjellemzőbb kültéri légszennyező forrásokat az 1. ábra mutatja.

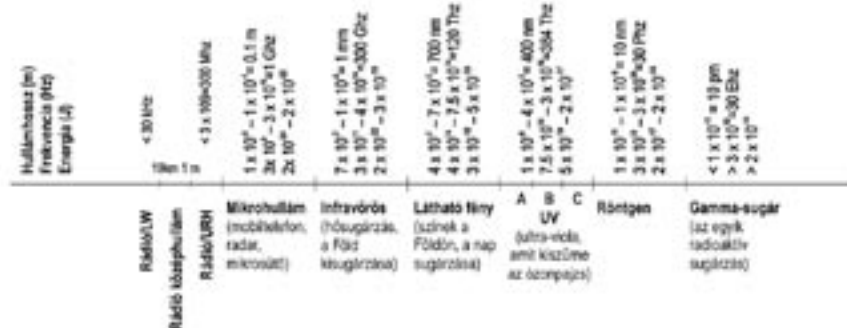


1. ábra: A kültéri légszennyezés legfontosabb forrásai

A beltéri légszennyezés legalább ilyen súlyos probléma, részleteivel egy másik füzetben foglalkozunk.

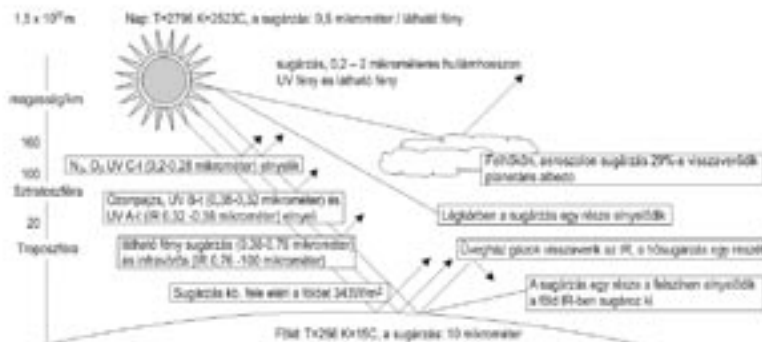
Az elektromágneses sugárzás – a légkörfizika alapjai

Az elektromágneses sugárzás hívjuk radioaktív gamma (γ), röntgen, UV (ultraibolya, ibolyántúli), IR (infravörös) vagy mikrohullámú sugárzásnak, de elektromágneses sugárzás a látható fény és a rádióhullámok is. Ezek mindegyikének anyaga a foton. A sugárzások között a foton hullámhossza (frekvenciája és energiája) tesz különbséget. Természetesen a sugárzások hatása függ azok erősségétől is.



2. ábra: Az elektromágneses spektrum

A nap átlagos hőmérséklete 2796 K, ami körülbelül 2523°C-nak felel meg. Ehhez a hőmérséklethez a 0,5 μ m-es elektromágneses sugárzás tartozik, amit látható fénynek hívunk. A föld légkörét elérő sugárzás főleg UV és látható fényből áll. Minden gázra jellemző egy hullámhossztartomány, melyben elnyeli az elektromágneses sugárzást. A levegő nitrogénje és oxigénje elnyeli a nagyobb energiájú UV C és B sugárzást, majd az ózont is elnyeli a kisebb energiájú, de a földi életre még mindig káros UV A és B nagy részét. A föld légköre és a felhőzet a sugárzás közel felét elnyeli, vagy visszaveri az űrbe. A felszínt elérő sugárzás egy része visszaverődik onnan, illetve a maradék elnyelődik. Egy frissen szántott föld a sugárzás nagy részét elnyeli, míg a hó szinte az egészet visszaveri. A föld az elnyelt energiát a 15°C átlaghőmérsékletéhez tartozó 100 μ m-es infravörös (IR, hő) sugár formájában adja ki. A levegő CO₂ és víz tartalma az infravörös tartományban nyel el, és ezáltal melegen tartja a földet. Ezt a folyamatot hívjuk természetes üvegházhatásnak. Az üvegházhatású gázok légkörbe juttatása erősíti ezt a folyamatot. A légköri hőmérséklet emelkedésére különböző becslések vannak, egyesek 1,0-3,5°C, míg mások 1,4-5,8°C felmelegedést jósolnak az 1990-2100 közötti időszakra.

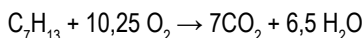


3. ábra: A napsugárzás útja és átalakulásai a föld légkörében

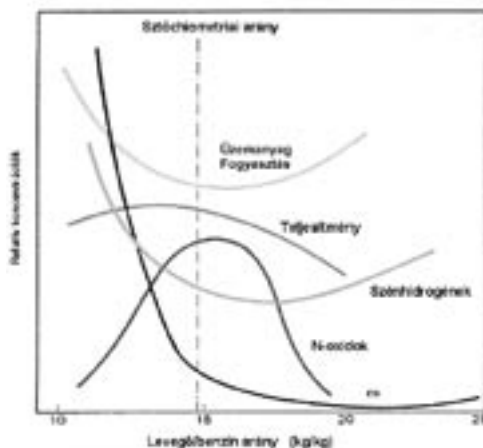
A közlekedés okozta légszennyezés

A légszennyezés fogalmát még ma is sokan csak az iparhoz, füstölő gyárkéményekhez kapcsolják. Az 1960-as évek végéig valóban az ipar volt a légszennyezés legjelentősebb forrása a városokban. Azóta viszont az ipari és fűtési technológiák korszerűsödtek, és a leginkább szennyező gyárakat kitelepítették a városokból, így bár az ipari termelés és kiemelten az energiaszektor még mindig döntően felelős a légszennyezésért, városi környezetben a fokozatosan óriásira növekedő gépjárműforgalom lett az első számú felelős. A negyvenes években jelentkezett először a probléma egy új jelenség képében. A kaliforniai nagyvárosokban észleltek egy újfajta, nem ipari eredetű füstködöt, szmogot (smoke = füst, fog = köd), melyet elsősorban a gépjárművek kipufogógázai okoztak. A hetvenes évektől kezdték figyelembe venni a környezetvédelmi szempontokat a gépjárműmotorok fejlesztésekor. Egmás után fedeztek fel újabb és újabb ismeretlen hatású szennyező komponenseket a városok levegőjében. Egyes hazai statisztikák szerint minden 17. haláleset és minden 24. rokkantság a légszennyezés következménye (www.gkm.hu).

A közúti gépjárművek alapvetően két csoportba sorolhatók a felhasznált tüzelőanyag szerint: benzinnel és gázolajjal üzemeltetett járművek. A benzin és a levegő keverékének tökéletes égésekor széndioxid (CO_2) és víz keletkezik. A folyamatot a következő általános egyenlettel fejezhetjük ki:



Az üzemanyag tökéletes égéséhez szükséges optimális levegő-üzemanyag tömegarány 14,5. Az ettől való eltérés tökéletlen égést eredményez, amely levegőszennyező gázok – szénmonoxid (CO), szénhidrogének (CH), nitrogénoxidok (NO_x), poliaromás szénhidrogének (PAH-ok), illékony szerves vegyületek (VOC-k) és szálló por (aeroszolok) kibocsátását eredményezi.



4. ábra: A levegő-üzemanyag arány hatása a levegőszennyező gázok emissziójára, a motor teljesítményére és az üzemanyag fogyasztásra.

Európa városainak levegőjében az antropogén (emberi tevékenységből eredő) NO_x körülbelül 47%-át, a CO 65-80%-át, a szénhidrogének 50%-át a gépjárművek bocsátják ki. Ezen túl egy átlagos gépjármű több, mint ezer egyéb szennyezőt, közöttük szervesanyag-tartalmú kormot, cinket, nikkelt, krómot, benzolt és aldehideket bocsát ki. A levegő-üzemanyag arányon kívül a szennyező anyagok mértékét befolyásolja a motor felépítése, műszaki állapota, valamint az, hogy a jármű éppen gyorsul, egyenletesen halad, fékez, vagy üresjáratban van. Jelentős befolyásoló tényező az útburkolat állapota is.

Korábban a benzin egyik legfontosabb adalékanyaga az ólom volt, melyet kopogásgátlóként és kenőanyagként alkalmaztak. A levegőbe került ólom közismerten káros egészségügyi hatása miatt az ólmozott benzint világszerte kivonják a forgalomból. Magyarországon 1999. április 1-jén történt meg az ólmozott benzin kereskedelmi forgalomból való teljes kivonása, ami jelentősen javította nagyvárosaink levegőminőségét. Budapest belvárosában például az ólom és a bróm (az ólmozott benzin adalékanyaga) légköri koncentrációja a harmadára-negyedére csökkent, míg a várhegyi alagútban néhány hónap után már egy nagyságrend volt a koncentrációcsökkenés. Sajnos azonban az ólmot helyettesítő egyéb adalék koncentrációja feldúsult az intézkedést követően. Sajnos ezek mérése a levegőben még nem mindenhol megoldott.

A dízelüzemű gépjárművek nagyon híg keverékkel üzemelnek, ami miatt a szén-monoxid kibocsátásuk viszonylag kis mértékű. Jelentős viszont a részecske-kibocsátásuk: egy nagyságrenddel haladja meg a benzin-motorokét. A részecskék legnagyobb része korom. Jelentős felületük révén hordozóanyagként viselkednek, megkötik az el nem égett szénhidrogéneket. További jelentős szennyező az aeroszol formátumú szulfát, melyért a gázolaj kéntartalma a felelős.

1. táblázat: Benzin- és dízelüzemű gépkocsik kipufogógázainak összehasonlítása (térfogatszázalék)

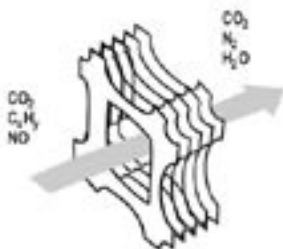
	Benzinüzemű gépkocsi	Dízelüzemű gépkocsi
Szén-monoxid	0,850	0,05
Nitrogén-oxidok	0,085	0,15
Szénhidrogén	0,050	0,03
Kén-dioxid	-	0,02
Aeroszol (korom)	0,005	0,05

Megjegyzés: A fenti számok az átlagot mutatják, amiktől az egyes gépjármű-típusoknál jelentős eltérés is lehet.

A katalizátor

Az üzemanyagok égéstermékei a motort elhagyva a kipufogócsövön keresztül a levegőbe jutnak. A katalizátor a szennyezés csökkentése érdekében a kipufogógázok utókezelésére szolgál: a keletkezett levegőszennyezők nem szennyező vegyületekké való átalakítására. A legelterjedtebb és legkorszerűbb emissziócsökkentő módszer a katalitikus konverter (autó katalizátor) és az elektronikus üzemanyag-befecskendezés együttes használata. Az Európai

Unióban és Magyarországon is minden új Ottó-típusú (hagyományos benzines) motorral felszerelt gépjárművet katalizátorral kell forgalomba hozni. A kipufogógáz katalizátora a CO és szénhidrogén komponenseket platina (Pt) és palládium (Pd) segítségével széndioxidá (CO_2) és vízzé oxidálja, míg az NO_x -ek nitrogén gázzá való redukcióját a ródium (Rh) katalizálja. A katalízis hatásfoka a 80-90%-ot is elérheti. A katalizátor hordozója általában korderit ($2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$), mely egy térhálós kerámia. Ennek a felületére viszik fel a katalizátoranyagokat.



5. ábra: A katalizátor működése

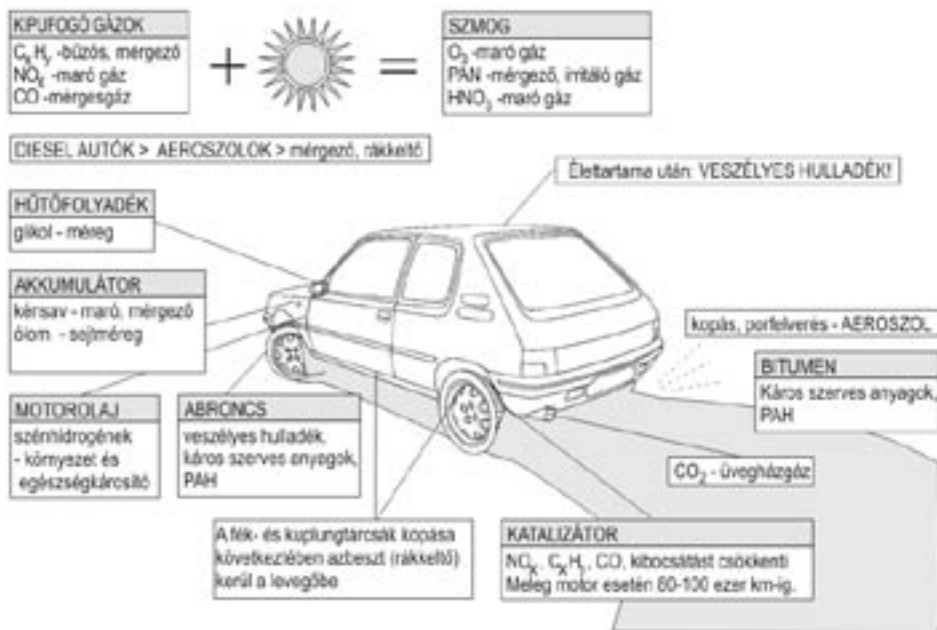
A katalizátorok bevezetésével egyidejűleg az ólmozott benzin használatát is kerülni kell, mert az ólom katalizátorméregként hat, azaz csökkenti a katalizátor hatásfokát. A katalizátorok bevezetése és az ólmozott benzin forgalmazásának megszüntetése nagyságrendekkel csökkentette a gépjárművek ismert szennyezőanyag-kibocsátását (a széndioxid kivételével), ám a katalizátorok hatásfoka körülbelül 100 ezer km autóhasználat után jelentősen romlik. Fontos tudni, hogy a katalizátor hatásfoka csak meleg motor esetén kielégítő, az indítást követő első pár kilométeren szinte hatástalan, tehát ezért sem érdemes a gépjárműveket rövid távra használni.

A dízelüzemű gépjárművek felelősek elsősorban a rákkeltő szennyező anyagok, aeroszol részecskék kibocsátásáért. Az Európai Unió 2006-tól tervezi a dízelrészecske-szűrők kötelezővé tételét. Az aeroszol részecskék olyannyira veszélyesek, hogy a WHO, az ENSZ Egészségügyi Szervezete kijelentette, hogy nem tud olyan alacsony értéket megadni a levegőben lévő részecskékre, mely biztosan nem ártalmas az emberi egészségre. A legveszélyesebbek a 2,5 mikrométernél kisebb, úgynevezett ultra finom részecskék, melyek légzőszervünk legmélyére is bejutnak. Ezeknek a részecskéknak a levegőben mért koncentrációja egyenes arányban van a légszennyezés okozta elhalálozások számával. A dízelrészecske-szűrők feladata a nagyobb (2,5 és 10 mikrométer közé eső) és az ultra finom részecskék kiszűrése.

A közlekedés okozta egyéb szennyezések

A gépjárművek nem csak a kipufogócsövön keresztül szennyezik a környezetet – hisz már az előállításuk is számtalan környezetre káros ipari folyamatból áll – de a járművek fenntartása is folyamatos szennyezéssel jár. Az utak építése egyszerre jár azok környékén és a kiszolgáló ipartelegeken talaj-, víz- és levegőszennyezéssel. Az aszfalt alapanyaga a bitumen. A köolajipar terméke sok szennyező, esetenként rákkeltő hatású vegyi anyagot tartalmaz, mint pl. a PAH-ok és egyéb szerves anyagok, melyek az útépítés során a környezetbe is bekerülnek. A gépkocsigyártó-üzemeket fém- és vegyipari cégek sokasága szolgálja ki, melyek számos veszélyes vegyi anyagot: nehézfémeket, kormot, szerves anyagokat bocsátanak ki. Egy átlagos gépkocsi is sok

száz – köztük számtalan veszélyes anyagból – épül fel, mely a használatból való kivonás után a környezetet terheli. Az autók használói átlag három-, ötévente cserélik a gumikat, melyek többek között PAH-tartalmuk miatt veszélyes hulladéknak minősülnek. Kétévente kell a mérgező ólmot és maró, veszélyes kénsavat tartalmazó akkumulátort cserélni. Évente a nagy mennyiségű, a környezetre és az egészségre káros olajat, és akár félévente cserélik a hűtőfolyadékokat, melynek fagyálló változata emberre kiemelten mérgező hatású és a környezetet is károsító glikolt tartalmaz. A gépkocsik használatából eredő veszélyes hulladékokat sem az emberek, sem az állam nem kezeli kellő gondossággal – nap mint nap láthatjuk a természetbe eldobált gumiabroncsokat, olajos flakonokat.



6. ábra: A gépkocsi legsúlyosabb környezetszennyezései

A katalizátor pozitív eredménye mellett egy újabb probléma merült fel: a katalizátorral felszerelt gépjárművek Pt-t, Pd-t és Rh-t tartalmazó kipufogógázt bocsátanak ki. A katalizátor felületéről a fizikai és kémiai elhasználódás, a kopás hatására kerülnek a környezetbe a Pt-csoport elemei (platina group elements, PGE). Ezeknek a mérgező fémeknek a koncentrációja folyamatosan növekszik a környezetben. Mivel a légköri koncentrációjuk rendkívül kicsi (10-12 g/m³ nagyságrendű), a kibocsátott mennyiség relatíve nagy mértékű negatív változást idéz elő. A Pt és más platinafémek és allergizáló hatása sajnos egyre ismertebb.

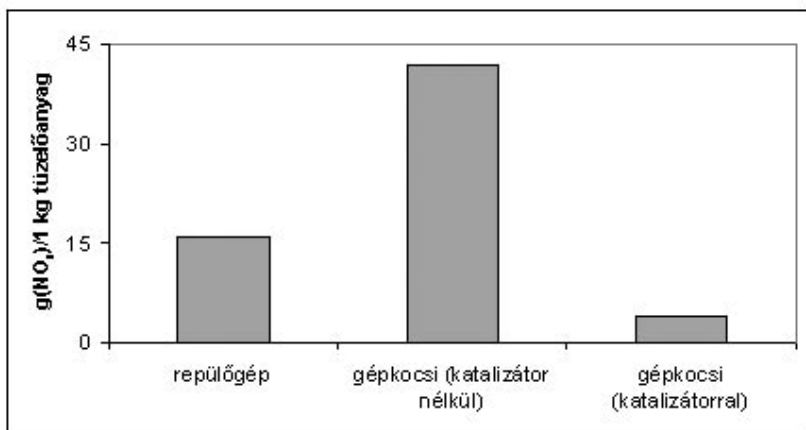
Az autópályák és forgalmas városi utak körüli porban egyértelműen kimutatható a koncentráció-növekedés, és az is kiderült, hogy a légkörbe került platinának a 30 százaléka vízben oldható formában van, tehát az utakat övező növényzetben is kimutatható. A platinafémek koncentrációjának meghatározása a különböző országokban igen eltérő eredményeket hozott. Az utak mentén vizsgált pormintákban platinából például 12-72 µg-ot találtak kilónként.

A légi közlekedés által okozott környezetpusztítás

A repülőgépek hajtóműveiből kiáramló káros anyagok, valamint a repülőterekhez és a gépekhez kapcsolódó infrastruktúra is komolyan szennyezi a légkört és a többi környezeti elemet, nem beszélve a zajszennyezésről.

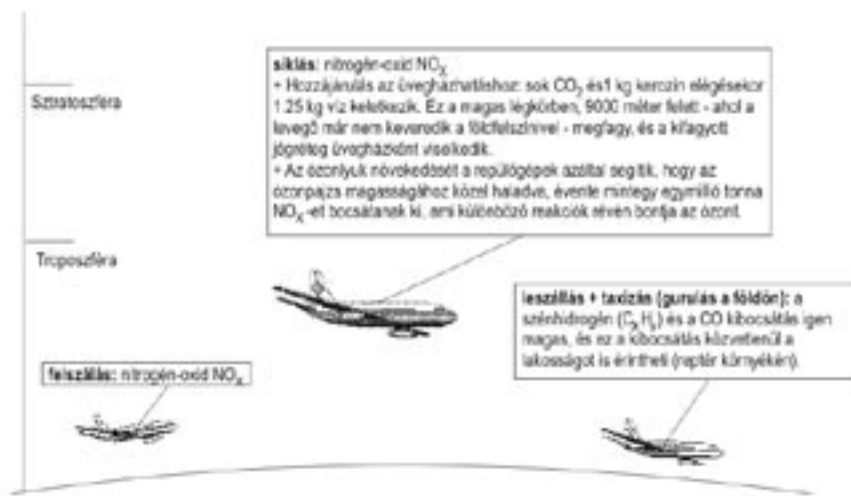
A repülőgép is, mint minden fosszilis tüzelőanyagot felhasználó gép, a természetes CO_2 és víz mellett egyéb káros melléktermékeket bocsát ki. Ez a kibocsátás különösen repülőterek környezetében jelentős, ugyanis ott koncentráltan jelenik meg. Egy repülőtér légszennyezését egy forgalmas úthoz lehet hasonlítani, hisz a szennyezőanyag azonos, csak itt koncentráltan egy pontból jön a szennyezés, nem pedig egy vonal mellett. Tény, hogy miközben a légi közlekedés utasszáma az összes közlekedésnek csupán egy százalékát teszi ki, addig az összes közlekedésre fordított üzemanyag 10-15 százalékát használja fel. Magyarán, a légi közlekedés energiafelhasználása igen pazarló.

Ha gázonként vizsgáljuk egy kg-ra vetítve a károsanyag-kibocsátást, megállapíthatjuk, hogy hasonló más közlekedési eszközökhöz. A SO_x kibocsátás alacsonyabb, viszont a motor magas égési hőmérséklete miatt a NO_x kibocsátás jelentős, ugyanis magas hőmérsékleten a levegő nitrogénje és oxigénje egyesül (lásd: 7. ábra). A repülőgépekre jellemző még az illékony, el nem égett szénhidrogének kibocsátása, szilárd részecske, valamint enyhe CO -emisszió.



7. ábra: NO_x kibocsátás különböző közlekedési eszközöknél

A repülőgépek szennyezőanyag-kibocsátásának mértéke függ a környezeti levegő hőmérsékletétől, páratartalmától, nyomásától, a felhasznált kerozin minőségétől, a repülőgép állapotától. Természetesen lényeges az is, hogy a repülő milyen tevékenységet végez: felszáll, emelkedik, siklik, leszáll, vagy csak taxizik, azaz gurul. A nitrogén-oxid kibocsátás igazán siklás közben nő meg, illetve felszálláskor nagyobb, míg leszálláskor és „taxizáskor” minimális. Ugyanakkor a szénhidrogén (CH) és a CO kibocsátás éppen taxizáskor igen magas, és ez a kibocsátás közvetlenül a lakosságot is érintheti.



8. ábra: A repülőgépek szennyezőanyag-kibocsátása

A különböző szennyező anyagok terjedése a levegőben igen sok szemponttól, elsősorban az időjárási viszonyoktól és a szennyező milyenségétől függ. Elmondhatjuk, hogy annál magasabb a koncentráció, minél közelebb vagyunk a forráshoz.

A repülőgépek a helyi szennyezésen túl természetesen a globális környezetszennyezéshez is hozzájárulnak. A globális felmelegedést egyrészt a magas CO_2 kibocsátással okozzák, másrészt 1 kg kerozin elégésekor keletkező 1,25 kg víz által. Ez a magas légkörben, 9000 méter felett – ahol a levegő már nem keveredik a földfelszínnel – megfagy, és a kifagyott jégvékony üvegházként viselkedik. Ebben a magasságban a repülőgépek éves szinten mintegy 100-150 millió tonna vizet bocsátanak ki. Ennek az úgynevezett cirrusfelhőzetnek az egy százalékos növekedése a számítások szerint 0,2°C-kal növeli a föld hőmérsékletét.

Az ózonlyuk növekedéséhez a repülőgépek azáltal járulnak hozzá, hogy az ózonszint magasságához közel haladva, évente mintegy egy millió tonna NO_x -et bocsátanak ki, ami különböző reakciók révén bontja az ozont.

Légszennyezés Budapesten:

Budapesten közel 600 ezer gépkocsi van bejegyezve, emellett több mint 12 ezer motorkerékpárt és 70 ezer feletti teherautót tartanak nyilván. A fővárosba naponta belépő személyautók száma meghaladja a 230 ezret, tovább szennyezve az amúgy is szinte elviselhetetlen levegőt.

Az utóbbi években Budapesten évente körülbelül 20 000-rel nőtt az autók száma. A mindennapos dugókban egy autó körülbelül 4 méter hosszan foglalja el az utakat, tehát az évente vásárolt kocsik egy 80 km-es sort tesznek ki.

A főváros belső területein három-négy lakásra jut egy parkolóhely.

2. táblázat: A Környezetvédelmi Intézet mérései egy hétköznapi Budapesten, az Andrassy u. 41 előtt:

	CO	NO	NO ₂	SO ₂	benzol	toluol	etilbenzol	xilol
	ppm	ppb	ppb	ppb	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3
mért értékek	2,0	95,4	137,3	0,5	8,7	26,6	4,1	13,7
24 órás határérték	5,0		85	125	40			

A budapesti automata mérőhálózat állomásai: a főváros levegőminőségét ellenőrzik, szmogriadót ezen mérési adatok alapján rendelhetnek el. A mérőállomásokon általában szén-dioxidot, nitrogén-dioxidot, szálló port (PM10, aeroszolok), ózont, szén-monoxidot és BTEX-et (aromás szénhidrogének: benzol, toluol, etil-benzol, xilol) mérnek. Budapesten van mérőállomás a Széna tér-en, a II. kerületben Pesthidegkúton a Községház u. 10 előtt, az Erzsébet téren, a VIII. ker. Baross téren, Kőbányán a Gergely utca 85-nél, a XI. ker.-ben a Kosztolányi D. téren, a XV. ker. Kőrösi parkban, Csepelen a Szent Imre téren, Nagytétényben a Nagytétényi út 275-nél, a XVIII. ker. Gilice tér-en, az OMSZ kertben és a XIII. Dózsa Gy. út 53.-ban a Honvéd Sporttelepénél.

Néhány adat a közlekedési szennyezés arányáról, az összes légszennyezésben

3. táblázat: A közlekedési részesedés Magyarországon a fontosabb emissziókban

Az elmúlt évtizedben (forrás: KÖM)

kt/év	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Nitrogénoxid kibocsátás (NO_x)								
Közlekedés	98,4	94,3	91,7	94,2	101,4	106,1	110,1	114,01
Összesen	203,1	183,2	184,0	187,5	190,0	195,8	199,5	202,6
Szén-monoxid kibocsátás (CO)								
Közlekedés	486,9	490,2	451,8	437,2	448,9	441,7	451,7	465,3
Összesen	913,3	835,9	796,1	774,3	761,3	726,8	733,3	736,9
Illékony vegyületek kibocsátása (NMVOC)								
Közlekedés	72,5	67,9	73,0	70,5	72,6	72,6	71,2	66,8
Összesen	149,6	141,8	149,0	142,4	150,3	150,1	145,4	140,6



9. ábra: Az Európai Unió szén-dioxid-kibocsátásának alakulása 1985–2001 között

Jó tudni:

Európai nagyvárosokban az autóval megtett utazások fele 3 km-nél rövidebb és minden ötödik autózás 1 km-nél rövidebb. Minden nyolcadik autót még az 500 métert sem éri el, miközben 500 méter gyaloglás 8 percet vesz csak igénybe, és nem kell parkolóhelyet keresni (www.gkm.hu). A gépjárművek a hideg indítást követően bocsátják ki a legtöbb és a legszennyezőbb anyagokat, mivel még nagyon rossz hatásfokú az üzemanyag elégetése, ezért

- rövid útra (fél-egy kilométer) értelmetlen gépkocsit használni,
- piros lámpánál, egy két perces megállásnál, ne állítsuk le a motort!

A gépjárművek utasterében sokkal magasabb a légszennyezők koncentrációja, mint mellette az utcán, benzolból például akár tízszer nagyobb a koncentráció a gépkocsin belül.

Az Egyesült Államokban a rákkeltő szennyező anyagok 78 százaléka a dízelmotorok által kibocsátott anyag.

Avárosilégszennyezést hivatalosan két-három méteres magasságban mérik, míg a légszennyező anyagok nagy része nehezebb a levegőnél. A légszennyező anyagok koncentrációja fél-, egyméteres magasságban a legmagasabb, azaz ott a legszennyezettebb a levegő. Ebben a magasságban van a gyerekek légzési zónája, a babakocsikban is itt veszik a levegőt a csecsemők, és az utcai kávéházak teraszán is ilyen magasságban ülünk.

A légszennyező anyagokra különösen érzékenyek a gyermekek, az idősek, a terhes anyák és a magzatok, a szívbetegsgek, az asztmások és a dohányosok. A káros hatás mértéke attól is függ, hogy egyes személyek mennyi ideig vannak kitéve ennek. A városban szabad térben erősebb a szennyezettség, mint épületeken belül.

Európában a gépkocsik felelősek a légszennyezés 40 százalékáért, ezen belül a városi környezetben:

- a nitrogén-oxidok kibocsátásának 70 százalékáért (a tömegközlekedés részesedése a 10 százalékot sem éri el),
- a szén-monoxid kibocsátás 80 százalékáért,
- a szénhidrogének kibocsátásának 80 százalékáért,
- a szálló por (aeroszok, korom) kibocsátásának 60 százalékáért.

Magyarországon, minden huszonötödik táppénzes napért a városi légszennyezés felelős.

Egy felmérés szerint Magyarországon a benzinüzemű járművek 30, a dízelek 50-60 százaléka nem felel meg a környezetvédelmi előírásoknak. A legfőbb szennyezők a teherautók, valamint a személygépkocsi-állomány 10 százalékát kitevő, körülbelül 300 000 kétütemű autó. Számítások szerint ezeknek a gépkocsiknak a kivonásával a felére csökkenne a gépjárművek okozta légszennyezés (www.hvg.hu).

Az ózon

Földünk légkörének körülbelül 20 térfogatszázaléka oxigén. Ezt a kétatomos (O_2) formában előforduló gázt különböző baktériumok, algák szabadították fel kötött formájából a földtörténet évmilliárdjai során. Azonban a stabil kétatomos formán kívül létezik az oxigénnek egy sokkal reaktívabb háromatomos (O_3) változata is, az ózon.

Magaslégköri ózon:

Az ózon földünkön elsősorban a sztratoszférában kb. 20 km-es magasságban fordul elő, ahol a levegő ózontartalma eléri a $2,5 \cdot 10^{-5}$ térfogatszázalékot is, míg az egész légkör $3,5 \cdot 10^{-6}$ térfogatszázalék ózont tartalmaz. O_2 -ből keletkezik az ibolyántúli (UV) sugárzás hatására. A mai földi élet kialakulása szempontjából ennek a rétegnek, az ózonpajzsnek döntő szerepe van, ugyanis megvédi a bioszférát az élőlényeket elpusztító, nagy energiájú UV sugaraktól. Ezt az ózonpajzsot pusztítjuk már évek óta az aeroszolos palackok freonos hajtógázaival, a hűtőberendezésekkel, a sugárhajtású repülőgépekkel, valamint a nitrogénműtrágyázás melléktermékeivel. A Déli-sark felett már veszélyesen elvékonyodik ez a réteg, és hasonló jelenség tapasztalható időnként az északi féltekén is.

Talajközeli ózon:

Amikor először fedezték fel az ózon jelenlétét a troposzférában (alsólégkörben), úgy vélték, hogy

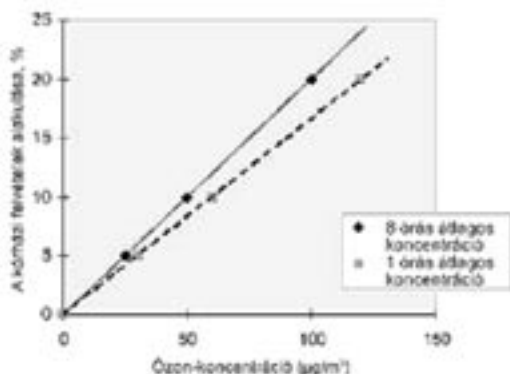
a magasabb rétegekből áramlanak az alacsonyabb rétegekbe az ózonmolekulák, és ez vezet a troposzférában való felhalmozódásukhoz. A jelenlegi elképzelések szerint a troposzférikus ózon részben a sztratoszférából származik, részben magában a troposzférában keletkezik.

A troposzférában az ózon biológiai forrásokból származó vegyületekből is képződik. Ebben az esetben az ózonképző nitrogén-monoxid a talajban végbemenő nitrifikációs folyamatok, illetve erdő- és szavannatüzek terméke. Tiszta trópusi levegőben az ózonkoncentráció 15 ppb ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) körüli, míg közép-európai vidéki levegőben a nappali középérték 40 ppb ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) körül mozog. Szennyezett levegőben nem ritka a 100 ppb ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) körüli érték sem.

A fotokémiai (nyári) szmog

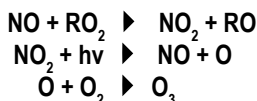
A negyvenes-ötvenes években a kaliforniai Los Angelesben a légszennyezés egy eddig ismeretlen, új formája tűnt fel. Ez a jelenség a londoni füstködtől eltérően nem télen, hanem nyáron, napsütéses időben, a nagy gépkocsiforgalomnak köszönhetően erősödött fel. Fotokémiai szmognak nevezték el ezt a légköri jelenséget. Ilyenkor a levegő sárgásbarna színűvé válik, és a látótávolság lecsökken. A mérések kimutatták, hogy ezt a talaj közelében keletkező és feldúsuló ózon okozza. Fotokémiai szmogot Magyarországon először 1985-ben észleltek.

A talajközeli ózon koncentrációja nyaranta a múlt századnak a kétszeresére növekedett. A jelenség kialakulásáért a nitrogén-oxidok, a szén-monoxid (CO), különböző szénhidrogének és az erős napsütés felelős. Városi környezetben ezeket az anyagokat a gépkocsimotorok bocsátják ki (lásd: 6. ábra).

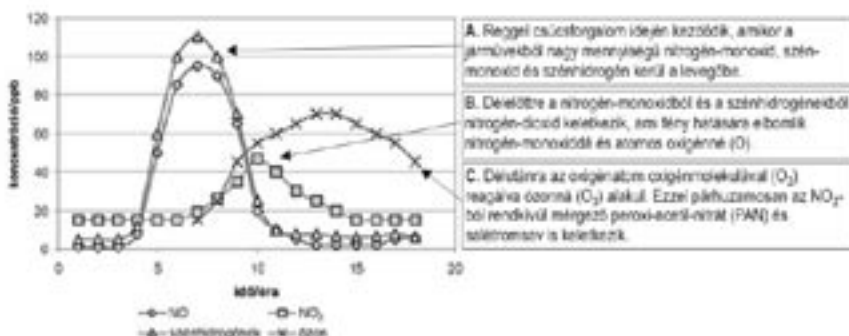


10. ábra: Az ózonkoncentráció és a kórházi felvételek száma közötti összefüggés

A fotokémiai szmog kialakulásához több összetett folyamat vezet. Az ózon nitrogén-monoxidból (NO) fény (hv) hatására különböző szénhidrogénekből (R) történő kialakulását három kémiai egyenlettel lehet bemutatni:



A CO által kiváltott ózontképződést hidroxil gyökök (OH) katalizálják. A folyamatot összegezve úgy írhatnánk le, hogy egy szén-monoxid molekulából (CO) és két oxigén molekulából (O₂) fény hatására egy szén-dioxid (CO₂) és egy ózon (O₃) molekula keletkezik.



11. ábra: A szennyezők koncentrációjának változása egy munkanap folyamán fotokémiai szmog esetén

A gépkocsiforgalom megnövekedése felborította a talajközeli ózon természetes egyensúlyát, ugyanis számítások szerint globális szinten a természetes források és a nyelők kiegyenlítik egymást, azaz a sztratoszférából és a természetes forrásokból származó ózont a talaj kivonja a légkörből. A Földközi-tenger vidékén a nyári időszakban különösen magas az ózontkoncentráció. Az itteni éghajlata jellemzők egyfelől a forró nyarak nagy légnyomással, gyenge szelekkel és erős napsugárzással, másfelől a hűvös, többnyire fagymentes, de esős telek, kivéve a hegyvidéki területeket. Szennyezett levegőben a hosszan tartó nagy légnyomású időszakok, az ózontképző anyagok viszonylag csekély szóródása magas hőmérséklettel és erős napfénnel társulva, elősegítik az ózontképződést. A talajközeli ózon képződése különlegesen nagy mértékű Athénban, Rómában, Milánóban és környékén, valamint Északkelet-Spanyolország tengerparti részén, különösen Barcelona körül.

Az Egészségügyi Világszervezet (WHO) irányelve szerint az ózon esetében nyolc óras átlagértékként 60 ppb az a szint, amely felett már előfordulhatnak káros következmények. A WHO ugyanakkor hangsúlyozza, hogy még ez sem jelent kellő biztonságot a legérzékenyebb emberek esetében. A Svéd Környezeti Orvostudományi Intézet egyórás értékként 40 ppb koncentrációt javasol. Az EU direktíva szerint, amikor az ózontkoncentráció egy órás átlaga túllépi a 90 ppb értéket, a közvéleményt tájékoztatni kell a helyzetről, intézkedéseket azonban 180 ppb értéknél kell fogantatosítani.

A london típusú (téli) szmog

A másik szmogfajta ipari és városi területeken van jelen. Fő okozója az ipar, a fűtés, valamint a gépjárművek által kibocsátott kén-dioxid (SO₂), por és koromszemcsék esetenként kénsavcseppek.

A szmog kialakulásának feltétele a magas légnyomás, magas páratartalom és $-3 - +5^{\circ}\text{C}$ közötti hőmérséklet.

A redukzív, maró hatású szennyeződés légúti megbetegedéseket, asztmát és akár halálos tüdőödémát is okozhat.

Először 1989-ben észleltek ilyen típusú szmogot Magyarországon, Miskolcon és Budapesten. A fővárosban télen egy hét párás, mozdulatlan időszak is elég ahhoz, hogy megduplázódjon a légszennyező anyagok koncentrációja.

A légszennyező anyagok mérése

Akörnyezetbenlévőszennyezőanyagokkimutatásátkörnyezetanalitikának, akémiai környezetszennyezéssel foglalkozó tudományágat környezetkémianak nevezik. A környezetanalitikában léteznek gyorsesztek és nagyműszeres vizsgálatok. A szennyező gázokat, mint SO_2 , NO/NO_2 , CO , CO_2 , H_2S , HCl , O_3 , SO_2/SO_3 optikai vagy elektrokémiai módszerekkel mérik a levegőben. Megvilágítják a levegő egy részét valamilyen speciális fénnel (ultraibolya /UV/, infravörös /IR/, vagy látható fénnel a gáztól függően), majd egy detektor méri, hogy mennyi fényt nyelt el a gáz (lásd: *Egy kis légkörfizika*). Ez az egyik legegyszerűbb mérési módszer. Egy-egy gázra jellemző, hogy milyen hullámhossztartományban nyel el fényt, melyből ki lehet számítani az adott gáz koncentrációját. A szerves szennyezők vagy aeroszolok szakszerű mérése nehezebb, ezeket nagyon nehéz kiszűrni a levegőből. Ha már „kinyertük”, akkor drága műszerekkel lehet megvizsgálni az összetételüket. (Aeroszolatokat szűrőkkel, ciklonokkal, impaktorokkal lehet leválasztani a levegőből, méret szerinti elválasztás esetén kaszkád impaktorral.) Fémeket, nehézfémeket például atomemissziós módszerekkel lehet vizsgálni, míg a szerves szennyezőket különböző kromatográfiás módszerekkel választják szét (pl.: gázkromatográf), majd valamilyen detektorral azonosítják. Elterjedt eszköz szerves szennyezők méréseire a tömegspektrométer.

A légszennyezés külső költségei

Az 1998. évi kibocsátási adatokat és a 2000. évi árakat használva országonként – (Luxemburgot kivéve) és az Európai Unióra vonatkozóan – számszerűsítették a légszennyező anyagok által okozott átlagos károkat, illetve költségeket.

Nem városi környezetben az EU országaiban a kén-dioxid tonnánként átlagosan 5200 euró, a nitrogén-oxidok 4200 euró, az illékony szerves vegyületek 2100 euró, míg a por (kifejezetten a két mikrométer átmérőjűnél kisebb részecskék, az ún. $\text{PM}_{2.5}$) 14 000 euró kárt okoznak.

Városokban a kén-dioxid és a por sokkal több kárt okoz, mint vidéken. A $\text{PM}_{2.5}$ kibocsátás például tonnánként további 33 000 euró költséggel jár minden 100 ezer lakosra vonatkozóan, míg a kén-dioxid esetében ugyanez a kár pótlólagosan 6000 euróra tehető a vidékre becsült értéken felül. Ezek az adatok rámutatnak a porszennyezés csökkentésének fontosságára, amelynek felismerése az utóbbi időben egyébként is felerősödött.

Az egyes országokra becsült adatok eltéréseinek a különböző népsűrűség, az uralkodó szélirány és Európa nagy népsűrűségű központjaitól való eltérő távolság az oka.

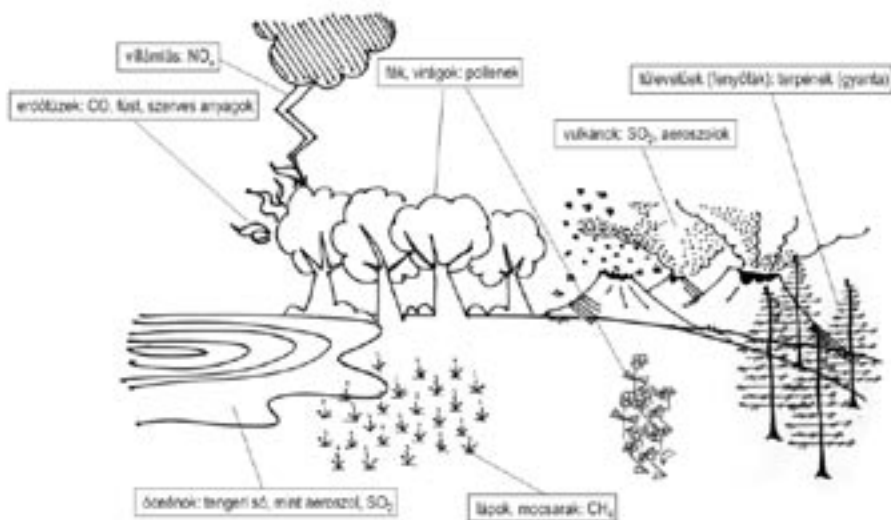
*Forrás: Estimates of marginal external costs of air pollution in Europe, (2002),
<http://europa.eu.int/comm/environment/enveco/air/betaeco2a.pdf>*

Természetes és biológiai légszennyező folyamatok

A légszennyezésért elsősorban mi, emberek vagyunk felelősek, de nem szabad elhanyagolni a természetes eredetű szennyezést sem, mely adott körülmények között meghatározó és komolyan egészségkárosító is lehet. Gondoljunk csak a pollenek által kiváltott allergiára vagy egy-egy nagyobb vulkánkitörés következtében kialakuló komoly por és kén-dioxid szennyezésre. A 4. táblázatban összegezzük a főbb természetes légszennyezőket és forrásait.

4. táblázat: Természetes légszennyezők és forrásaik

Szennyező anyag	Forrás/folyamat
NO_x	villámlás: a levegő nitrogénje és oxigénje egyesül
SO_2	vulkáni tevékenység: a kitörés jellemző gáza óceánok kibocsátása
CH_4	lápok, mocsarak, üledékek: anaerob erjedés
CO , CO_2	(a lélegzésen túl) erdőtüzek
VOC (illékony szénhidrogének), terpének	tűlevelűek: bioszintetikus folyamatok (pl: gyantaképződés)
aeroszolok / nehézfémek	erózió, tengeri só
bio-aeroszolok / szerves aeroszolok	pollenek, vírusok, baktériumok; gombák, spórák; erdőtüzek



12. ábra: Természetes légszennyezők

A pollenekkel kapcsolatban fontos megjegyezni, hogy a különösen allergén polleneket termelő növények (például a parlagfű) robbanásszerű elterjedését az emberi tevékenység okozza.

Ennél is fontosabb azonban a következő. *Pollenek mindig is voltak a levegőben!* Most mégis sokkal több ember válik allergiássá, asztmássá, mint korábban, és számuk rohamosan nő. Az emberi tevékenységből (közlekedés, ipar, energiatermelés stb.) rendkívül sok olyan anyag kerül a levegőbe, amelyek korábban vagy egyáltalán nem voltak jelen, vagy csak a jelenleginél jóval kisebb mennyiségben. Ezek a szennyező anyagok rátapadnak a pollenek felületére, és magukat a polleneket is agresszívvá, allergénebbé teszik. Másrészt a pollenekkel ezek a káros anyagok is bejutnak a szervezetünkbe.

Egyes növények (például a parlagfű) pollenje önmagában is fokozottan allergén (allergiakeltő) lehet. Azonban a szennyezett levegő mindenfajta pollent módosíthat, az emberi egészségre károsabbá tehet. Tehát a növények, amelyek az ember egészségét óvják, és amelyek nélkül az ember nem létezhet, egyre inkább az ember ellenségeivé válnak. Ezt a folyamatot csak a légszennyezés, és különösen a gépjármű-közlekedésből származó káros anyagok nagymértékű csökkentésével lehet visszafordítani.

A mezőgazdaság, mint a légszennyezés forrása

A mezőgazdasági tevékenységet végzők óriási felelősséggel tartoznak bolygónk és légkörünk elszennyeződéséért. A rizsföldekből kigőzölgő üvegházhatású metán (CH_4) és mérgező ammónia (NH_3), a műtrágyákból felszabaduló szintén üvegházgáz dinitrogén-oxid (N_2O), a növényvédő szerek kipárolgása és a kérődző állatok emésztése során keletkező metán közvetlen hatással van a légkörre. Továbbá a tömegesen termesztett hüvelyesek, mint a szója vagy a bab nitrogén-megkötése, szintén módosíthatják a légkör összetételét. Az ésszerűtlen mezőgazdasági termelés része a gátlatlan, megfelelő szabályozás nélküli erdőirtás, mellyel a szennyező gázok, különösen a szén-dioxid nyelői fogyatkoznak.

A háztáji kertek környékén a légszennyezés két fajtáját emelném ki. Komoly egészségkárosító hatása is lehet a szakértelem nélküli permetezés (pesticidok használata) következményeként a levegőbe, vízbe, talajba és a terménybe kerülő, sokszor ismeretlen hatású vegyszereknek. Gondot okoz a Magyarországon szinte megszokott kerti avarégetés, amibe nem ritkán szemét is kerül. A tökéletes égés elérésére – amikor a szerves anyagok (például avar, fa, termések) széndioxidá és vízzé égne el – ilyen körülmények között nincs lehetőség, ezért számtalan, általában mérgező gáz és szilárd részecske (pernye) keletkezik. Az avarégetéskor keletkezőkeletkező légszennyezői a rákkeltő poliaromás-szénhidrogének (PAH-ok). Szinte az összes növényi maradványt házilag komposztálhatjuk, így a szennyező anyagok helyett tápanyagokat nyerünk a hulladékból.

13. ábra: Légszennyezők a kertben?



Különösen veszélyes az összes PVC termék, laminált, préselt, műanyag tartalmú, festett, lakkozott, azaz vegyszerekkel kezelt faanyagok kerti égetése. Nagyon komoly egészségkárosításnak tesszük ki magunkat és a szomszédokat ilyenkor, ugyanis teljesen kiszámíthatatlan, hogy milyen mérgező anyagok kerülnek a levegőbe. Jó példa erre a préselt bútortalapok epoxigyanta ragasztója vagy a régi festékek nehézfém- (többek között ólom-) tartalma.

Megjegyzés: A Levegő Munkacsoport Levegő füzetek sorozatában hamarosan megjelenik a műanyagok égetéséről szóló rész.

Miért károsak a szennyező anyagok?

Egy anyagot, mint szennyezőt legkönnyebben úgy jellemezhetünk, hogy szagával (esetleg színével), vagy anyagával (porszennyezés) zavarja a környezetet, az élőlényeket. Nem annyira egyértelmű, de szintén fizikailag érzékelhető a reaktív, többi anyaggal kölcsönhatásba lépő szennyezők azonosítása, mint az erősen oxidáló ózon, ami irritálja a légutakat, marja a szemünket, vagy a maró salétomsav aeroszol. Léteznek olyan mérges gázok, melyeket sokszor már csak túl későn ismerünk fel. Ilyen gáz az eddig a kipufogógáz alkotóelemeként emlegetett szén-monoxid, mely a rosszul szigetelt fűtésrendszerből kerülhet a lakások levegőjébe, halálos baleseteket okozva. Sok mérges gáz, mint a cian (HCN) is szintelen, és olyan gyenge a szaga, hogy mire megérezzük, a halálos adag már belénk került. A szén-dioxid nem mérgező gáz, viszont mivel nehezebb a levegőnél, például egy (boros)pincéből kiszorítja a levegőt, melynek hiányában megfulladunk. A hatást tekintve a következő csoportot azok az anyagok képezik, amelyeknek bár közvetlenül érzékelhető hatásuk nincs, de mérgezést, betegségeket okoznak. Ilyen légszennyező anyag például a mérgező ólom, vagy a rákkeltő (iparból, hulladékégetésből származó) dioxinok, PCB-k.

Ezenkívül léteznek olyan anyagok, melyeknek semmilyen közvetlen káros hatásuk nincs az ökológiai rendszerekre, az egészségre, de a föld nagy rendszereit megzavarják. Ilyenek például a freon gázok, 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 ipar

A közúti közlekedés okozta légszennyezés mellett az ipari szennyezés lassan háttérbe került, azonban ez nem jelenti azt, hogy az ipar szennyezése ne lenne még mindig igen jelentős. Hazánkban a mai napig is az ipar a felelős a környezetbe kerülő veszélyes, mérgező anyagok döntő többségeért. Az energetikai ágazat különösen jelentős légszennyező.

5. táblázat: Jellemző ipari légszennyező kibocsátások

Iparág	Légszennyező
cementipar	por, NO _x , SO ₂ , CO, H ₂ S
koksztüzelésű kemencék	por, CO, NH ₃ , H ₂ S, VOC
öntöttvas gyártás	por, nehézfémek, SO ₂ , NO _x
acélgyártás	finom-aeroszol, CO
üveggyártás	finom-aeroszol, NO _x
olajfinomítók	VOC, H ₂ S, SO ₂ , NO _x
papíripar	finom-aeroszol, SO ₂
hulladék égetés	HCl, nehézfémek, por, NO _x , SO ₂ , CO, dioxinok

Kitermelés, transzport, feldolgozás, tárolás	Légszennyező
szén-, olaj-, és gázkitermelés, gázvezeték-hálózat	CH ₄
szénszállítás, szénfeldolgozás	por
olajszállítás, olajfeldolgozás	VOC
egyéb anyagok (élelmiszer, építőanyagok, mezőgazdasági alapanyagok) szállítása, feldolgozása	por, szerves szennyezők
radioaktív anyagok kitermelése, szállítása, feldolgozása	radioaktív szennyezők

Az oldószertartalmú anyagok használata, szerves anyag (oldószerek) és finom-aeroszol légszennyezéseket okoznak. Az alábbi anyagok gyártása illetve használata okoz oldószerszennyezést:

- Festékek, lakkok, ragasztók
- Nyomdászat (tinták, nedvesítők, tisztítók)
- Ragasztó gyártás (oldószertartalmú, diszperziós)

- Bútorlapok, műanyagok
- Felülettisztító szerek (festékkoldók, zsírtalanítók)
- Háztartási vegyszerek (tisztítószer, kozmetikai cikkek)
- Építőipari segédanyagok (impregnálószerek, szigetelőanyagok, konzerválószerek)
- Hűtőberendezések, jégtelenítő és fagyásgátló szerek
- Egyéb segédanyagok (műanyag- és gumiipar, élelmiszeripar, textilipar)

Az ipari szennyezés szabályozása Magyarországon

A jelenlegi hazai rendszer szerint a környezetet veszélyeztető, illetve bizonyos méretnél nagyobb üzemeknek előzetes környezetvédelmi hatástanulmányt (EKHT) kell készíteni a környezetvédelmi engedély megszerzéséhez, ami az építési engedélyhez szükséges. Az EKHT-nak tartalmaznia kell a tevékenység rövid ismertetését, a felhasznált veszélyes anyagok, illetve keletkező veszélyes hulladékok listáját, ezen kívül az üzem hatásterületét a kibocsátott szennyezők szempontjából, valamint ezen anyagok mennyiségét. Ezt fejleszti tovább az Integrált Szennyezés-Megelőzés és Szabályozás (Integrated Pollution Prevention and Control, IPPC), mely egységében kezeli az egyes ipari létesítmények környezeti terhelését. A hazánkban 2001 óta bevezetett IPPC szerint az integrált szennyezés-megelőzés és egyéb környezetvédelmi szempontok alapján választják ki a technológiák kialakítását, melyre vonatkozóan a Legjobb Rendelkezésre álló Technikák (Best Available Techniques, BAT) előírásai adnak eligazítást. Hamarosan bevezetésre kerül hazánkban is a „Szennyezés-kibocsátás és -Terjedés Nyilvántartás” (PRTR) a potenciálisan ártalmas kémiai anyagok kibocsátásának és terjedésének tára, adatbázisa. Az adatbázis a kibocsátások mennyiségére, minőségére és a kibocsátás helyére vonatkozó adatokat tartalmaz, melyeket a vállalatok kötelesek szolgáltatni

Cementipar

Cementgyártás során a levegőbe por, NO_x -ek, SO_2 és illékony szerves vegyületek kerülnek. A kemence szennyezőanyag-kibocsátása gyakorlatilag független a felhasznált tüzelőanyag tulajdonságaitól, és csaknem kizárólag a nyersanyagban lévő illóanyag részarányától és a magas hőmérsékletű lángban keletkező NO_x -től függ. A cement előállításakor a kívánt kemencehőmérséklet biztosításához szükséges tüzelőanyag elégetésekor, és a mészko dekarbonizációjakor szén-dioxid (CO_2) keletkezik. Minden tonna cement előállítása – ha csak a mészko dekarbonizációját vesszük figyelembe – 1 tonna CO_2 termeléssel jár.

A cement gyártása energiaigényes is, az égetéshez illetve az őrléshez, keveréshez használt villamos energia előállításakor is CO_2 keletkezik.

Az évente előállított 1,4 milliárd tonna cement felelős az összes CO_2 kibocsátás 7 százalékáért. Ha sem a technológia, sem a trend nem változik, akkor 2015-re, a várható évenkénti 5 százalékos növekedést alapul véve, a világ cementgyártásából adódó CO_2 kibocsátás meg fog egyezni a jelenlegi EU-beli összes CO_2 kibocsátással.

A legfontosabb légszennyező anyagok

Szennyező vegyület	Kibocsátás*	Tulajdonsága, forrása – egészségre gyakorolt hatása
A KÖZLEKEDÉSBŐL SZÁRMAZÓ ELSŐDLEGES LÉGSZENNYEZŐK		
Szén-monoxid (CO)	11,5 g/km	Színtelen, szagtalan gáz, amely szén és szénhidrogén tüzelőanyagok tökéletlen égése során keletkezik szén-dioxid helyett (CO ₂). Nagyvárosi területeken a levegő CO tartalmának 80%-a belsőégésű motoroktól származik, a tökéletlen égés eredményeként. Százszor erősebben kötődik a vér hemoglobinjához, mint az oxigén, így kiszorítja az oxigént a vérünkéből. <u>Azonnali hatása:</u> fejfájás, szédülés, émelygés, a látás- és hallásképesség csökkenése. <u>Tartós hatása:</u> a szívizmot ellátó koszorúerek keringését csökkenti, elősegíti a koszorúér-elmeszesedést, szűkíti a koszorúereket, növeli a szívinfarktus kockázatát. Akadályozza a vér oxigénszállító képességét.
Szén-dioxid (CO₂)	169,2 g/km	Színtelen, szagtalan gáz, amely természetes alkotóeleme a föld légkörének. Fosszilis tüzelőanyagok elégetésével szintén nagy mennyiségben kerül a légkörbe. Elsődleges üvegházhatású gáz. A közúti közlekedésből származik a globális CO ₂ kibocsátás harmada.
Nitrogén-oxidok (pl.: NO₂, NO):	1,48 g/km	NO₂ (nitrogén-dioxid): Vörösesbarna, szúrós szagú, a levegőnél nehezebb gáz. Erős oxidálószer és heves reakcióba lép éghető és redukáló anyagokkal. Reagál vízzel, salétomsavat és nitrogén-oxidot képezve. Megtámadja az acélt nedvesség jelenlétében. A gáz és a gőz egyaránt izgatja a szemet, a bőrt és a légzőszervet. Belégzése tüdővízenyőt okozhat, nagymértékű expozíció halálhoz is vezethet. A tünetek késleltetve jelentkezhetnek. Genetikus károsodást is okozhat az emberben. NO (nitrogén-monoxid): Színtelen gáz, amely erős oxidálószer és reakcióba lép éghető és redukáló anyagokkal. Levegővel érintkezve nitrogén-dioxid szabadul fel belőle. A nitrogén-monoxid izgatja a szemet és a légzőszervet. Belégzése tüdővízenyőt okozhat, hatással lehet a vérre, okozhat methaemoglobin képződést. Magas expozíció halált okozhat. A tünetek késleltetve jelentkezhetnek. Szaga nem figyelmeztető, ha toxikus koncentrációban van jelen. Nitrogén-monoxid keletkezhet magas hőmérsékleten a levegő oxigénjéből és nitrogénjéből, illetve nitrogén tartalmú vegyületek elégetésekor. Ezek a folyamatok leggyakrabban belső égésű motorokban játszódnak le, de jelentős NO-forrás az ipar és a biomassza égetés is. Városi környezetben elsősorban a gépjárműmotorok felelősek a NO és a NO ₂ szennyezésért.

<p>Szén-hidrogének (CH)</p>	<p>1,75 g/km</p>	<p><i>VOC (Illékony szénhidrogének):</i> Elsődleges források a közlekedés (35%). Hozzájárulnak a füstköd képződéséhez. Amennyiben egyes vegyületei a születés körüli időszakban kerülnek az emberi szervezetbe, súlyos felnőttkori következményei lehetnek. Közvetlen hatásuk: fejfájás, hányinger, szédülés. <i>PAH-vegyületek:</i> Policiklikus aromás szénhidrogének. Két vagy több benzolgyűrűt tartalmazó szén-hidrogének, több száz vegyület. Antropogén eredetű szerves gázszennyezők. A háztartási kibocsátásokon túl a gépjárműforgalom is felelős a PAH szennyezésért. Legismertebb PAH-ok: benzapirén (BaP), benzantracén, ciklopentopirén, dibenzantracén, 1-metil-fenantrén. Hatásaik: rákkeltők, mutagének, károsítják az immunrendszert. Ha a születés körüli időszakban jutnak be a szervezetbe, életre szólóan megváltoztathatják a hormonok termelését. A BaP az egyik legveszélyesebb vegyület, a WHO szerint az I. veszélyességi kategóriába tartozik, egészségügyi határértéke lakóterületen 1 nanogrammm/m³. (A budapesti Margit körúton már 54 nanogrammm/m³ értéket is mértek.) <i>Olefinek:</i> Az egyszerűen telítetlen alifás szénhidrogének csoportja. A bennük található kettős kötés (telítetlenség) következtében lényegesen nagyobb a reakcióképességük, mint a telített paraffinoknak. Egyes szakértők szerint az olefineknek szerepük van az ún. talajközeli ózon képződésben, ezért a benzinek olefintartalmát korlátozzák. A szén-hidrogének keletkezésének elsődleges forrása a közúti közlekedés.</p>
<p>Légköri aeroszolok (szálló por)</p>	<p>0,0993 g/km</p>	<p>A levegőben, mint közegben diszpergált állapotban előforduló, folyékony vagy szilárd halmazállapotú részecskék. Az aeroszol részecskék élettartama néhány perctől akár több hónapos időtartamig terjedhet a részecskék méretétől és tömegétől függően. Méretük 0,001 és 100 µm közé esik. Az egészségre gyakorolt hatásuk függ a méretüktől, ugyanis a nagyobb méretű szemcsék megakadnak az orrunkban, míg az egészen kicsik lejutnak a tüdő mélyére. Tartalmazhatnak kormot, szerves anyagokat, nehézfémeket, azbesztet. Nagy részük rákkeltő. Egységes egészségügyi határérték megállapítása igen bonyolult, mert sok aeroszol képző anyag már egészen kis mennyiségben is nagyon káros lehet. Az azbeszt belégzés útján kerül az emberi szervezetbe és rákot vagy azbesztózist okozhat. A közúti forgalom is felelős a levegőben megtalálható azbeszt-szennyezésért (a fém- és kuplungtárcsák kopása következtében). Hazánkban országos programok szolgálnak az azbesztmentesítésre. Alégköri aeroszolok képződésében nagy szerepe van a gépjárműforgalomnak. A dízel üzemű járműveknek számottevő az aeroszol kibocsátása, de a kerek is felverik a port, amit a levegőben aeroszoknak nevezünk. A városi aeroszolok összetétele nehezen meghatározható, a részecskékre rátapadnak egyéb szennyezők pl.: PAH-ok, nehézfémek. Az Egészségügyi Világszervezet nem ad meg határértéket a közlekedésből (elsősorban a dízelüzemű járművekből) származó részecskék koncentrációjára, mert álláspontja szerint nem létezik olyan alacsony koncentráció, amely biztosan nem károsítja az egészséget. <i>Pemye:</i> A levegő által szállított szilárd részecskék, amelyek szén vagy más szilárd tüzelőanyag égetésével keletkeznek.</p>

Kén-dioxid (SO ₂)		Szintelen, szúrós szagú mérgező gáz, amely fosszilis tüzelőanyagok elégetésekor keletkezik. Magas kén tartalmú kőszén vagy kőolajat felhasználó erőművek szintén jelentős kén-dioxid források. A kén-dioxid a levegő nedvességtartalmával kénsavat ill. kénsavat képez, melynek eredménye a savas eső. A természetes folyamatokon túl a fűtés, az erőművek és a dízelüzemű motorok felelősek a SO ₂ kibocsátásért. Egészségügyi hatások: nagyobb mennyiségben köhögést, görcsöt, tüdőödémát, tudatzavart és halált is okozhat.
---	--	---

* 50 km/h sebesség esetén személygépkocsi átlag kibocsátása, a Közlekedéstudományi Intézet 2000. évi adatai alapján.

KÖZLEKEDÉSBŐL SZÁRMAZÓ MÁSODLAGOS LÉGSZENNYEZŐK

Ózon (O ₃)	Az ózon három oxigén atomból álló, kékes színű, jellegzetes szagú, nagyon mérgező gáz. A szagára jellemző, hogy még 500 ezerszeres hígításban is érezhető. Folyékony állapotban sötétkék, szilárdan pedig ibolyaszínű. Igen erőteljes oxidálószer, könnyen bomlik, és a belőle felszabaduló atomos oxigén agresszívan reagál környezetével. Ezért is használjuk fertőtlenítésre, fehéritésre és ivóvíztisztításra. 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. Az ózon magas koncentrációja fokozott fizikai fáradtságot, köhögést, a szájban, az orrban, a torokban szárazságerzést, a szem kivörösödését, könnyezését, duzzadását válthatja ki. Az ózon a tüdőben meggátolja az ott lévő makrofágok működését, valamint különböző enzimek működését is. 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, napfény hatására keletkezik a kipufogógázokból.
Peroxiacetil-nitrát (PAN)	Nitrogén és különböző szerves vegyületek fotokémiai reakciójával kialakuló anyagok. Súlyosan egészségkárosító anyagok, a budapesti nyári szmog jellemző anyagai, a szemre irritáló hatást fejtenek ki.

FŐBB ÜVEGHÁZHATÁSÚ GÁZOK

	Légköri koncentráció 2000-ben (ppm) –	Éghajlati kényszer* (az adott gáz üvegházhatása a CO ₂ –hoz viszonyítva	Tulajdonságai
Szén-dioxid CO ₂	365	1	A legnagyobb mennyiségben előforduló üvegházhatású gáz. Fosszilis tüzelőanyagok elégetésével kerül nagy mennyiségben a légkörbe.

Metán CH_4	1,72	21	Szintelen, szagtalan, gyúlékony szénhidrogén gáz. A mezőgazdaság, valamint a kőolajipar és a gépjárművek bocsátják ki.
Dinitrogén-oxid N_2O	0,312	206	Émelyítő szagú szintelen gáz, elsősorban a mezőgazdasági tevékenységből ered.
Ózon O_3	0,04	2000	A természetes folyamatokon túl a gépjárműforgalom az okozója.
CFC-12 CF_2Cl_2	0,0005	25000	Az egyik az ózonlyukért felelős freon, melynek bár a légköri koncentrációja alacsony, hatalmas éghajlati kényszerere miatt befolyásolja az üvegházhatást.

Az ózonréteg elvékonyodásáért felelős gázok: halogénezett szénhidrogének (DuPont elnevezés: freonok)

CFC-k	Klórozott, flórozott szénhidrogének. Szintelen, szagtalan egészségre ártalmatlan, nagy kompressziós képességű vegyületek. Régen dezodorok hajtógázaként és hűtökészülékekben alkalmazták. A legnagyobb sztratoszférikus ózonbontó képességgel rendelkeznek, azaz a legkárosabbak az ózonpajzsra. Üvegházhatású gázok, éghajlati kényszerűk hatalmas. Pl.: CF_2Cl_2 (Freon 12)
HCFC-k	Hidrogént is tartalmazó klórozott, flórozott szénhidrogének. Kisebb a sztratoszférikus ózonbontó képességük, mint a CFC-knek, azok kiváltására gyártják. Üvegházhatású gázok, éghajlati kényszerűk hatalmas. Pl: CHF_2Cl (Freon 22)
HFC-k	Hidrogént is tartalmazó flórozott szénhidrogének (klórt nem tartalmaznak). Sztratoszférikus ózonbontó képességük minimális. A CFC-k és a HCFC-k helyett alkalmazzák őket. Pl: CH_2F_2

EGYÉB LÉGSZENNYEZŐK

Kén-hidrogén (H_2S)	Szintelen, jellegzetes (záptojás) szagú, a levegőnél nehezebb gáz. A talaj felszínén terjedhet; begyulladás távolabb is lehetséges. Hevítése heves égést vagy robbanást okozhat. Égetésre bomlik, mérgező kén-dioxidot fejlesztve. Hevesen reagál erős oxidáló szerekkel, tűz- és robbanásveszélyt okozva. Megtámadja a műanyagokat és sok fémét is.
(Poliklor-, dibenzo-)-Dioxinok és furánok	A dioxin két benzol gyűrűt tartalmaz, melyek két oxigénkötéssel kapcsolódnak egymáshoz és a hidrogének helyett klór atomok vannak a szénatomokon. Az emberi egészségre gyakorolt hatását illetően, köztudottan az egyik legveszélyesebb vegyületcsoport. Fő forrásuk a klórtartalmú műanyag (pl. PVC) hulladék égetése. Már egészen alacsony koncentrációban is rákkeltők. A legveszélyesebb a 2,3,7,8 TCDD (4 klór atomot tartalmazó dioxin).

Poliklórozott-bifenilek PCB-k	<p>209 változata található meg környezetünkben ennek a változatos összetételű, különféle hatású vegyületcsoportnak. Kondenzátorokban, transzformátorokban olajként; festékiparban lakkok, tinták, indigó gyártására; kenőolajok és -zsírok előállítására és korrózióvédelemben alkalmazzák. Nagyon lassan bomlanak le a környezetben, ezért mindenhol, az emberekben is kimutatható. Több kutatás is igazolta, hogy az átlagos emberi testben megtalálható PCB mennyiségnek már van egészségügyi hatása.</p> <p>A levegőben a kevesebb klóratomot tartalmazó könnyebb PCB-k találhatók meg, ezek leginkább az idegrendszerre vannak kedvezőtlen hatással. Vannak rákkeltő és idegméreg hatású PCB-k is.</p>
Ammónia NH ₃	<p>Szintelen, szúrós szagú gáz, mely nitrogénből és hidrogénből áll. Vízben könnyen oldódik, nagy nyomáson és alacsony hőmérsékleten könnyen cseppfolyósítható. Az ammónia nitrogén-oxidokkal lép reakcióba ammónium-nitrát képződése közben. Az ammónium-nitrát az egyik leggyakoribb PM2.5 komponens.</p> <p>Általában a mezőgazdasági tevékenység során keletkezik.</p>
Fémek, nehézfémek, Ag, As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Sn, Pb, Zn	<p>Fő forrásuk az ipar, kisebb mértékben a közlekedés és a mezőgazdaság (növényvédőszer, műtrágya). Ércbányászat, kohászat, fémfeldolgozás során, valamint az akkumulátorok és szárazselemlék gyártásakor is bekerülnek a környezetbe.</p> <p>Hatásuk igen eltérő, például a higany, az arzén és a kadmium rákkeltő, míg az ólom idegméreg.</p> <p>A levegőben leginkább a légköri aeroszolként alkotóiként vannak jelen.</p>
Radon	<p>Szintelen gáz, általában radioaktív bomlási termék (az uránium rádiummá, majd radonná bomlik). A radon hatásait nagyrészt radioaktív bomlástermékei belégzésének tulajdonítják. A légzőszervben való felhalmozódásuk attól függ, hogy részecskéhez kötve vannak-e vagy nem.</p> <p>A radioaktív anyagokra jellemző a rákkeltő, génkárosító hatás.</p> <p>A természetben is nagy mennyiségben fordul elő, e tekintetben hazánk egyes tájai között nagy az eltérés. Beltéri légszennyező, szinte kizárólag természetes eredetű. A talajból felszivárgó radon a „túl jól” szigetelt lakásokban dúsul föl.</p>

Határértékek

(1) A légszennyező anyagok országos összkibocsátási határértéke:

- a) kén-dioxid: 500 kt/év,
- b) nitrogén-oxidok: 198 kt/év,
- c) VOC: 137 kt/év,
- d) ammónia: 90 kt/év.

A légszennyezettség egészségügyi határértékei és egyes légszennyező anyagok tervezési irányértékei a 14/2001. (V. 9.) KöM-EüM-FVM együttes rendelet szerint

1.1. számú melléklet: A légszennyezettség egészségügyi határértékei

A térfogatot 293 K hőmérsékletre és 101,3 kPa nyomásra át kell számítani.

A) Kiemelt jelentőségű légszennyező anyagok

Légszennyező anyag	Határérték [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			Veszélyességi fokozat
	Órás	24 órás	éves	
Kén-dioxid	250 a naptári év alatt 24-nél többször nem léphető túl	125 a naptári év alatt 3-nál többször nem léphető túl	50	III.
Nitrogén-dioxid	100 a naptári év alatt 18-nál többször nem léphető túl	85	40	II.
Nitrogén-oxidok	200	150	100	II.
Ózon		110		I.
Szén-monoxid	10 000	5 000	3 000	II.
Ólom		0,3	0,3	I.
Szálló por (PM10)		50 a naptári év alatt 35-nél többször nem léphető túl	40	III.
Benzol*		40	5	I.

* Rákkeltő anyag

C) Egyes rákkeltő légszennyező anyagok

Légszennyező anyag	Határértékek [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		Veszélyességi fokozat
	24 órás	éves	
Arzén és vegyületei	3		I.
Azbeszt	0,5		I.
3,4-Benz(a)pirén	0,001		I.
1,3-Butadién	1000		I.
Dioxin	10^{-6} (1 pg)		I.
Formaldehid [50-00-0]	12		I.
Higany és vegyületei	1	1	I.
Kadmium és vegyületei	0,05	0,005	I.
Vinil-klorid [75-01-4]	5		I.

Felhasznált irodalom

Dévai Gergely összefoglalója az ipari és mezőgazdasági légszennyezés című részek alapjául szolgáltak. Fehér Attila fordításai és kéziratai a szennyező anyagok leírásához segítettek hozzá.

- ♦ An Economic Assessment of Particle Filters (A részecskeszűrők gazdasági értékelése), Környezeti Értékelési Intézet, Koppenhága, 2002. <http://www.imv.dk/> (letölthető a dán nyelvű tanulmány angol összefoglalója)
- ♦ Working group report on particle filters for heavy vehicles (A nehézgépjárművek részecskeszűrőit kutató munkacsoport beszámolója), Dán Ökológiai Tanács, Koppenhága, 2002. augusztus <http://www.ecocouncil.dk/arkiv/2002/021000-diesel.pdf>
- ♦ Diesel particles – a health hasard (A dízelrészecskék egészségügyi kockázata), Dán Ökológiai Tanács, Koppenhága, 2000. szeptember <http://www.ecocouncil.dk/download/dieselpjece-eng.pdf>
- ♦ Ford Germany acts on particle pollution (A Ford Németország a részecskék légszennyezése ellen), Environment Daily e-mail hírlevél, 1380. szám 2003. február 7.
- ♦ Mennyibe kerül a levegőszennyezés? Fordította: Tanyi Anita: Forrás: (Estimates of marginal external costs of air pollution in Europe – 2002), <http://europa.eu.int/comm/environment/enveco/air/betaeco2a.pdf>, Lélegzet
- ♦ Houghton et al.: Climate Change 2001: The Scientific basis, Summary for Policymakers, 2001
- ♦ Tóth András: Életeket menthetnének a dízelmotorok részecskeszűrői, Lélegzet 2003. április
- ♦ Gyilkos részecskéket bocsátanak ki a gépkocsik, szerkesztette: Tóth András, Lélegzet 1994. szeptember
- ♦ Veszélyesek a dízelmotorok, Fordította: Kovordányi Krisztián, Lélegzet 2001. november
- ♦ Dr. Farkas Ildikó: A kipufogógázban előforduló policiklusos aromás szénhidrogének (PAH-ok) és egészségkárosító hatásuk Lélegzet 1991. május
- ♦ Dr. Pál Károlyné: A közúti közlekedésből származó légszennyező anyagok terjedése, 1997/14, OMIKK, Környezetvédelmi füzetek, Budapest, 1997
- ♦ Thomas R. MacDonald: Pollutant Transport in Surface Water and Air, University Of San Francisco, 2001
- ♦ Környezetvédelmi füzetek, 17. szám, OMIKK, Budapest, 1997.
- ♦ Lakatos I., Nagyszokolyai I.: Gépjármű-környezetvédelmi technika és diagnosztika I., Minerva-Sop-Novadat, Budapest, 1997.
- ♦ Salma I., Záray Gyula és munkatársaik: Impact of phase out of leaded gasoline on the air quality in Budapest, Microchem. J. 67 (2000) 127.
- ♦ Mészáros Emő: Levegőkémia, Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém, 1997
- ♦ Haszpra László: A troposzférikus ózon képződése, Kutatás és Fejlesztés, 2001/4
- ♦ Peter M. Vitousek et al. 1977, Human Domination of Earth's Ecosystems, Science Vol 277: 494-499
- ♦ Lynham, Barry: Traffic and Health, European Federation for Transport and Environment, Brussels, 1997
- ♦ Kisfaludi Andrea: A légkör környezetkémiaja, Maecenas, 1993
- ♦ Acid Rain, Airpollution and Climate Series, 12; www.acidrain.org
- ♦ Kiegészítő szöveggyűjtemény a Környezetten tankönyvhöz, Környezetgazdálkodási Intézet (kiadás alatt)
- ♦ Környezet- és Természetvédelmi Lexikon, szerk.: Láng István, Akadémiai Kiadó, Budapest, 2002
- ♦ Barry Lynham: Traffic and Health, European Federation for Transport and Environment, 1997, Brussels
- ♦ Kis Diána: Nagyvárosok levegője, OMIKK, Környezetvédelmi füzetek 2109, Budapest, 2002
- ♦ Közlekedés növekvő szerepe az éghajlatváltozásban, T&E Bulletin, 2001. február, április) Lélegezet, 2001. június
- ♦ Kiegészítő szöveggyűjtemény a Környezetten tankönyvhöz, Környezetgazdálkodási Intézet (kiadás alatt)
- ♦ Egészségügyi Világszervezet, WHO, <http://www.who.int/environmental-information/Air/Guidelines/aqguide3.pdf>
- ♦ Darvas Béla: Virágot Oikosnak, L'Harmattan, Budapest, 2003
- ♦ Magyarország környezeti mutatói 2002, Környezeti Információs Tanulmányok 5., KVV, Budapest, 2003
- ♦ Environmental and Economic Costs of Pesticide Use, D. Pimentel et al., BioScience Vol. 42 No. 10: 750-760, 1992
- ♦ Directive 2002/3/EC of the European Parliament and of the Council of 12 February 2002 relating to ozone in ambient air
- ♦ A Paldy et al. 2003, A Levegőszennyezés egészségkárosító hatásának értékelése, Budapesti Népegészségügy, 3:223-227, 2003
- ♦ Mikola Klári, Simon Gergely: A talajközeli ózon, EU-szintek a közvélemény tájékoztatására, Lélegzet, 2002. május, XII. évfolyam, 5. szám
- ♦ Simon Gergely: Mit tartalmaz a kipufogógáz?, Lélegzet, 2002. március, XII. évfolyam, 3. szám

- ♦ *Simon Gergely*: A katalizátor sem megoldás?, Lélegzet, 2002. március, XII. évfolyam, 3. szám
- ♦ *Simon Gergely*: Szemléletváltás az ipari környezetvédelemben, Lélegzet, 2003. augusztus-szeptember, XIII. évfolyam, 8. szám
- ♦ *Simon Gergely*: A légi közlekedés hatása a légszennyezésre, Lélegzet, 2003. november, XIII. évfolyam, 10. szám
- ♦ Felhasznált interneten található anyagok: www.mtvsh.hu/vallalat, www.kvvm.hu/korny/IPPC/IPPC.htm, eippcb.jrc.es, www.globalreporting.org, prtr.emla.hu
- ♦ *Dr. Rohács József*: A légi közlekedés hatása a környezetre, OMIKK, 1994/20, Budapest
- ♦ *R. Weber et al.* 2003, Short Term Variation in PM_{2.5} Mass and Chemical Composition during the Atlanta Supersite Experiment, 1999, J. Air & Wastw Manage. Assoc. 53:84-91

Ha légszennyezést észlel a saját környezetében, jelezze az illetékes Környezetvédelmi Felügyelőségnek, vagy a legközelebbi Környezetvédelmi Tanácsadó Irodának.

KÖRNYEZETI TANÁCSADÓ IRODÁK HÁLÓZATA 8200 Veszprém, Zrínyi u. 3/1., Tel/Fax: 88/427-792, kothalo@zpok.hu, www.kothalo.hu				
Cím (ir.sz. város, utca hrsz.)	Az irodát működtető szervezet	Telefon	Fax	Drótposta Internet
2660 Balassagyarmat, Rákóczi fejedelem út 12.	Ipoly Unió Környezetvédelmi és Kulturális Egyesület	35/300217 40/200037	35/300217	iroda@ipolyunio.hu www.ipolyunio.hu
1054 Budapest, Vadász u. 29.	Ökoszolgálat Alapítvány	80/269446 1/3117855	1/3117855	okosz@hotmail.com www.okoszolgalat.hu
1057 Budapest, Károly krt. 3/A. 3. em. 2. (1465 Pf. 1676)	Levegő Munkacsoport	1/4110509 1/4110510	1/4110510	levego@levego.hu www.levego.hu
1111 Budapest, Saru u. 11.	Hulladék Munkaszövetség	1/3862648	1/3862648	gebics@freemail.hu www.humusz.hu
2500 Esztergom, Bajcsy-Zs. út 4.	Esztergomi Környezetkultúra Egyesület	33/400150	33/400150	ekoku@zpok.hu www.zpok.hu/ekoku
9024 Győr, Bartók B. út 7.	Reflex Környezetvédő Egyesület	96/316192	96/310988	reflex@c3.hu www.reflex.gyor.hu
4220 Hajdúböszörmény, Bocskai tér 2., II/21.	Hajdúböszörményi Ifjúsági Természetvédő Kör	52/280038	52/561101	info@hitvk.hu www.hitvk.hu
3525 Miskolc, Kossuth u. 13.	Ökológiai Intézet a Fenntartható Fejlődésért Alapítvány	46/382095	46/382095	fnzs@ecolinst.hu www.ecolinst.hu
4400 Nyíregyháza, Malom u. 18/A	E-misszió Természet-és Környezetvédelmi Egyesület	42/423818	42/423818	emisszio@zpok.hu www.e-misszio.hu
5900 Orosháza, Vörösmarty u. 4., fsz. 20. (5901 Pf. 19.)	Természet Ébredése Társulat	68/413354	68/413354	tetoh@freemail.hu

7622 Pécs, Siklósi u. 22.	Pécsi Zöld Kör	72/547341	72/547371	psz@ngo.hu www.pzk.com
6720 Szeged, Stefánia u. 6.	Kiss Ferenc Csongrád Megyei Természetvédelmi Egyesület	62/424392	62/424392	csemete@mail.tiszanet.hu www.tiszanet.hu/csemete
8000 Székesfehérvár, Petőfi S. u. 5.	Gaja Környezetvédő Egyesület	22/503428 22/503429	22/503428	gaja@axelero.hu www.zpok.hu/~gaja
5000 Szolnok, Szapáry u. 19. (5001 Pf. 148)	Tisza Klub	56/424695 80/200038	56/375497	tiszaclub@externet.hu www.tiszaclub.hu
9700 Szombathely, Kőszegi u. 3. (Petőfi S. u. 24.)	Kerekerdő Alapítvány	94/505203	94/505204	pumilio@freemail.hu www.civilporta.hu/kerekerdo
5420 Túrkeve, Kenyérmezei u. 2/D	Nimfea Természetvédelmi Egyesület	56/361505	56/361505	nimfea@externet.hu www.nimfea.hu
8200 Veszprém, Kossuth u. 1. II/2. (8201 Vp., Pf. 222)	Csalán Környezet- és Természetvédő Egyesület	88/578390	88/578391	csalan.egyesulet@freemail.hu www.csalan.ngo.hu
8799 Dótk, Fő u. 39. (8901 Zalaegerszeg, Pf. 521)	Ökorégió Alapítvány a Fenntartható Fejlődésért	83/376178	83/376178	bogaristvan@zelkanet.hu



Impresszum:

Írta: Simon Gergely

ISBN ISSN

Kiadja a Levegő Munkacsoport, 2004

Felelős kiadó: Lukács András

Levegő Munkacsoport

1465 Budapest, Pf. 1676

Telefon: 411-0509, 411-0510

Fax: 266-0150

E-posta: levego@levego.hu

Honlap: <http://www.levego.hu>

Készült a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium
(KAC közcélú keret)

és a Lélegzet Alapítvány támogatásával

Technikai szerkesztő: Horváth Balázs

Nyomda: KO-NA Print Kft.



A Levegő Munkacsoport Országos Környezetvédő Szövetség
1988-ban alakult, jelenleg 126 tagszervezete van.

www.levego.hu

www.lelegzet.hu

www.tiszta.levego.hu