

4. Ön egy olyan vegyipari üzemben dolgozik, ahol szennyező anyagok kerülhetnek a levegőbe. Mivel a légszennyeződéssel kapcsolatban lakossági bejelentés érkezett, az üzem vezetősége Önt bízta meg a vizsgálat lebonyolításával. Elemezze a levegőszennyezés lehetőségeit, és tegyen javaslatot a légszennyezés megelőzésére!

- A levegő összetétele, állapotváltozói
- A levegőszennyezés forrásai
- A leggyakoribb szennyezőanyagok (gázok, porok, szerves anyagok)
- A szennyezőanyagok hatásai
- A levegő szennyezettségével kapcsolatos jelenségek (ózonlyuk, üvegházhatás, szmog, savas eső)
- A légszennyezés elleni védekezés lehetőségei

Mellékletek: légszennyezési határértékek

A Föld légköre több ezer kilométer vastagságú, különböző gázok keveréke. A légkör összetételében a sűrűség felfelé csökken, a gázkeverék kb. 80 km-ig nem változik. Ezt a réteget nevezzük *homoszférának*.

A légkörben lévő *alapgázok* (nitrogén (78 térfogat%), oxigén (21 térfogat%), argon, széndioxid, hidrogén és egyéb nemesgázok) mellett mindig találhatók cseppfolyós és szilárd részecskék is. A természetes levegőben előforduló ún. vendéganyagok jelenlétének oka az, hogy állandó dinamikus anyagcsere van a bioszféra elemei között. A legjelentősebb vendéganyag a vízgőz (1-4 %). Ha a vízgőz szilárd vagy gáznemű levegő-alkotórészekre kicsapódik, akkor a légkörben felhő, a földfelszínen köd képződik. A vízgőz mellett előfordul még a légkörben SO₂, NO, CH₄, NH₃, O₃, cseppfolyós és szilárd (por, korom) részecskék. A természetes összetételben főleg a vulkánkitörések változtathatnak, amelyek halogéneket, kénvegyületeket és szálló hamut juttatnak a levegőbe. A levegőben megtalálható még számos radioaktív izotóp is, amely a talajból jut a levegőbe. A levegő természetes radioaktivitása néhány Bq/m³ (A radioaktivitás mértékegysége a bequerel, ejtsd: bekörel, jele Bq. 1 Bq = 1 bomlás/s.). A légkörben lévő gázok tartózkodási ideje néhány naptól akár évekig is terjedhet. A természetes légszennyezést, ún. háttérszennyezést az anyagok koncentrációja határozza meg, de a környezetünket terhelő levegőszennyezés túlnyomórészt az emberi tevékenység (mesterséges légszennyezés) eredménye. A légszennyező anyagok koncentrációja attól függ, hogy mennyi légszennyező kerül a levegőbe, illetve hagyja el a légkört, és mekkora levegőtérfogatba kerül.

A légszennyezés forrásai és folyamata

A mesterséges szennyezőforrások többszörösen meghaladják a természetes szennyezőforrások által kibocsátott szennyezőanyagok mennyiségét. A mesterséges szennyezőforrások jellemzője, hogy általában területileg koncentráltan helyezkednek el.

Légszennyező forrásnak tekintünk minden olyan berendezést, járművet vagy anyagot, amely légszennyezést okoz. A légszennyező források fő típusai a következők:

- Pontszerű forrás, amelynél a légszennyező anyagok koncentrációja és a környezetbe jutó káros anyag mennyisége egyértelműen meghatározható, pl. kémény, kürtő, szellőző.
- Felületi forrás, amelynél a légszennyező anyagokat kibocsátó felület nagysága meghatározható, de a környezetbe jutó káros anyag mennyiségére csak közvetett mérések és számítások után lehet következtetni, pl. vasút, közút, légifolyosók.

Az *emisszió* a szennyezőforrások által időegység alatt a környezetbe kibocsátott szennyezőanyag mennyisége, amelynek koncentrációja a légszennyező anyagoknak a hordozó gáz normál térfogatára vonatkoztatott értéke.

A *transzmisszió* során a légkörbe jutó anyagok a levegő természetes öntisztulása révén vagy eltávoznak a légkörből vagy más anyagokká alakulnak, illetve csökken a koncentrációjuk,

tehát felhígulnak. Ülepedésnek nevezzük azt a folyamatot, amelynek során a szilárd és a folyékony szennyeződés átalakulás után távozik az atmoszférából. Felhőképződéskor a szennyező anyagok a csapadékkal együtt kikerülnek, kimosódnak a légkörből.

Az *imisszió* során a talajközeli levegő kapcsolatba kerül a környezetével, és így az emberi szervezetbe is bejuthat.

A légszennyezés folyamatában nagy jelentőségű a tüzelőanyag fajtája, az ipari termelés színvonala, a gépjárművek száma és műszaki állapota, a lakosság nagysága és az éghajlat.

A levegő szennyeződését elsősorban az égési folyamatok okozzák. Ilyen folyamatok játszódhatnak le az erőművekben, a gépjárművek motorjaiban, a háztartásokban. Az ásványi eredetű (fosszilis) tüzelőanyagok (szén, kőolaj, földgáz) felhasználása még mindig növekszik. Az égéskor keletkező füstgáz a szén oxidjain kívül vízgőzből, a kén és a nitrogén oxidjaiból áll, és néha egyéb szénhidrogéneket is tartalmaz. A szén, illetve a szerves vegyületek tökéletes égésekor keletkező **szén-dioxid** (CO₂) a növényzet számára a fotoszintézishez szükséges. A szén, illetve a szerves vegyületek nem tökéletes égésekor keletkező **szén-monoxid** (CO) viszont nagyon erős mérgező. A szén-monoxid a koncentrációtól és a belélegzés időtartamától függően csökkenti az emberi szervezetben a vér oxigénmegkötő képességét, ami fulladást is előidézhethet. A szén-monoxid-szennyezés tekintetében a nagyobb városaink főbb csomópontjaiban időnként kritikus a helyzet.

Az ásványi eredetű tüzelőanyagok nagymértékű felhasználását megelőzően a szén körforgása során közel annyi szén-dioxid került a levegőbe, amint amennyi eltávozott, tehát egyensúlyi állapot volt a jellemző. Az ember ebbe a folyamatba avatkozott be.

A szén-dioxid mennyiségének erőteljes növekedése a globálisan is tapasztalható felmelegedés, az ún. üvegházhatás egyik fő okozója. Ennek elsődleges oka az, hogy a légköri CO₂ a földre érkező napsugarakat átengedi, de a földfelszín felmelegedéséből származó és visszaverődő hosszabb hullámhosszú sugarakat elnyeli. A szén-dioxidon kívül hasonlóan viselkedik a szén-monoxid, a metán, a dinitrogén-oxid. Ezeket összefoglaló néven üvegházhatású gázoknak hívják.

Az üvegházhatású gázok feldúsulása módosítja a légkör sugárelnyelő képességét, amelynek hatására eltolódik a természetes egyensúlyi állapot, és globális felmelegedés következik be. Az átlagos hőmérséklet emelkedése már érzékelhető. A kutatók szerint száz éven belül akár 3-5 °C emelkedés is bekövetkezhet, amelynek hatására a tengerek vízszintje a sarki jégtömbök olvadása miatt megemelkedik, ezáltal a mélyebben fekvő tengerparti területek víz alá kerülnek. Nemcsak a vízszint emelkedése következik be, hanem csökken a tengerek sókoncentrációja az édesvízzé alakuló jéghegyek miatt. Emiatt a tengerek élővilágát beláthatatlan kár éri.

Jelentős légszennyező hatású az iparban még ma is használt **freon**. A freon olyan szénhidrogén-származék, amelyben egy vagy több hidrogénatom helyett klór- vagy fluoratom van. Felhasználása főleg a hűtőgépgyártásban, illatszerek hajtógázai és a műanyagok habosítása esetén volt gyakori. A régebben tűzoltásra használt **halonszármazékok** hasonló kémiai összetételűek. A halogénezett szénhidrogének a magas légkörben okoznak elváltozásokat, mert a napsugárzás hatására képződő ózonréteget (ózonpajzsot) károsítják. A Napból érkező ultraibolya (UV) sugarak hatására az oxigénből ózon keletkezik, ami ózonréteget alkot, és ez véd és elnyeli a továbbiakban a káros UV sugarakat. Az ózonréteg úgy károsodik, hogy a sugárzás hatására (UV-B) a halogénezett szénhidrogénből klóratomok válnak le. Ezek az ózonomolekulából leválasztják az egyik oxigénatomot, amelyek egymással oxigénmolekulává egyesülnek. Az ilyen módon csökkent ózommennyiség már nem képes a sugárzással szembe kellő védelmet nyújtani. A folyamat megállítására csak az ipari technológiák átalakítása révén van lehetőség, amelyet felismerve nemzetközi határértékeket írnak elő a freon- és halonszármazékok felhasználásának csökkentésére.

Az Antarktisz kutatóállomásain 1985-ben észlelték először, hogy az ózonpajzs elvékonyodott. Az ózonpajzs védelme érdekében a világ országai vállalták, hogy a Montreali Egyezményt, valamint a Brüsszeli Egyezményt betartják, tehát csökkentik a freonfelhasználást.

Jelentős **hidrogén-fluorid** szennyezés történik foszforműtrágya gyártásakor, a timföld elektrolízisekor, az üveg- és zománcgyártás során. **Klórtartalmú** hulladék keletkezik az egyes műanyagok (pl. PVC) égetésekor.

Az ipari folyamatok során az energiatermelésnél, valamint a gépjárművek kipufogógázaiban a szén-monoxid mellett a legkárosabb légszennyező anyagok a **kén-dioxid** (SO₂) és az különböző összetételű **nitrogén-oxidok**. A légköri vízgőzzel reagálva, feloldódva kénsav, kénesav, salétromsav, salétromossav képződhet, amelyet ún. **savas eső** formájában a csapadék juttat vissza a földfelszínre. Ennek hatását először az épületeken és a szobrokon észlelték, de ma már egyre nagyobb erdőterületek szennyeződnek. A savas eső kárt tesz a növények színeiben, ezáltal csökken a fotoszintézis mértéke, ami a növény pusztulásához vezet. A savas eső tisztítja a nitrogényűjtő baktériumokat is. E folyamat hatására elpusztulnak jelentős erdőterületek, amelyek a légköri oxigén-utánpótlás alapját jelentik.

A kén-dioxid és a nitrogén-oxidok nagy koncentrációjú felhalmozódása kedvezőtlen időjárási körülmények között füstködé, **szmoggá** alakul, amely elsősorban az ipari nagyvárosokat fenyegeti. A leghíresebb a londoni szmog volt (1952 telén), amelyhez hasonlót 1984-ben Athénben is tapasztaltak már. Szmog akkor keletkezik, ha a levegőben összegyűlt szennyezőanyagok a kedvezőtlen időjárási körülmények (szélszél, páradús levegő) miatt nem hígulnak fel. (Ilyen helyzetekben például korlátozzák a gépjárművek használatát és az ipari termelést.)

A közlekedés során a már említett szennyezőanyagokon kívül jelentős még az ólmozott benzinekből a légkörbe jutott **ólomgőz**. (Ezt a veszélyforrást csökkentendő, a legtöbb európai országban, így hazánkban is már csak ólommentes üzemanyag vásárolható.)

A mezőgazdaság terjeszkedése, az ipari felhasználás (papírgyártás, bútoripar) növekedése erdőirtásokhoz vezetett. Az erdőterületek csökkenésével kevesebb oxigén jut a légkörbe, amely a természetes egyensúly felbomlásához vezet. A mezőgazdasági légszennyezés kisebb, mint az ipari. Elsősorban a talajművelés során keletkezik por, illetve a légi permetezésekből eredő kemikáliák okozhatnak veszélyt.

Ismeretes a **fotokémiai szmog** is, amelyet először Los Angelesben az 1960-as évek elején észleltek. Ebben az esetben a napfény (hőség) és a magas páratartalom hatására a kémiai szennyeződések a talaj közelében helyezkednek el. A napsugárzás energiáját elnyelve a levegő alkotórészeivel reakcióba lépnek, és több lépésben ózon képződése mellett savas kémhatású anyag alakul ki. Ha az ózon koncentrációja eléri a határértékeket, a nagyvárosokban ózonriadót rendelnek el.

A légszennyezés egyik speciális és újabban egyre több bajt jelentő forrása a gyom- és egyéb növények pollenjei (virágpóri). Különösen sok kellemetlenséget okoz a parlagfű augusztusi-szeptemberi virágzása, amikor megnő az allergiás megbetegedések (erős nátha, fokozódó könnyezés) száma az erre érzékeny embereknél. A parlagfűvet irtani kell, mert csak így szorítható vissza a terjedése.

A levegő védelme

A levegő tisztaságának védelme azért különösen nehéz feladat, mert egy adott ország levegőjét könnyen befolyásolhatják a határokon túlról érkező szennyeződések.

A levegő minőségét a szennyezettsége, azaz a levegőben lévő légszennyező anyagok koncentrációja határozza meg. Ezek határértékeit a *4.1. táblázat* tartalmazza.

A legáltalánosabb szennyezés az ipari területeken következik be. Az országhatárokon át terjedő szennyeződések közül a legjellemzőbbek a kén-dioxid és nitrogén-oxidok, amelyek közvetlenül a földfelszínre rakódnak le, vagy a csapadékkal savas eső formájában visszahullnak a

talajra. Hatásukat jelzik az erdőpusztulások, a savasodó talajok. A kibocsátott szennyező anyagok mennyiségét a környezetvédő hatóságok ellenőrzik, és, ha kell, bírságnak. Az ellenőrzések a környezetvédelmi törvény által meghatározott *kibocsátási (területi vagy technológiai)* vagy *igénybevételi határértékek* alapján végezhetők. A légszennyezés határértékei a szennyezés jellegétől függően (általános jellegű, területi, helyi, egyedi) határozhatók meg.

Szennyező anyagok	éves	24 órás	30 perces
Kén-dioxid	70	150	250
Nitrogén-dioxid	70	85	100
Nitrogén-oxidok a nitrogén-dioxiddal együtt	100	150	200
Szálló por	50	100	200
Ólom	-	0,3	-
Fluorid	3	5	-
Formaldehid	-	12	-
Ózon	-	100	100
Szén-monoxid	2000	5000	10000

4.1. táblázat

Lakott területre vonatkozó minőségi határértékek mg/m³-ben
(Az ülepedő por éves határértéke 120 t/km², 30 napos határértéke 16 g/m²)

A **területi határérték** az adott területen a szennyező forrás által kibocsátható szennyezőanyag mennyiségét korlátozza. A településeken differenciáltan (a fővárosban pl. kerületenként) határozzák meg. Értéke attól függ, hogy milyen az adott terület terhelése.

A **technológiai határérték** az egyes légszennyező anyagok mennyiségét korlátozza. A levegőtisztaság szoros kapcsolatban van a technológiai színvonallal. Ha a technológia folyamatait korszerűsítik (pl. erőművek esetén tisztítóberendezéseket szerelnek fel vagy szűrőbetéteket alkalmaznak a távozó gázok felfogására), akkor csökkenthető a légszennyezés mértéke.

A szennyezettség kialakulásában nagy jelentőségük van az időjárási, domborzati viszonyoknak és az építési adottságoknak is. A légszennyezés megelőzését elősegítik a környezetvédelemhez kapcsolódó jogszabályok, illetve több jogszabály egyeztetése, ún. harmonizációja, mint pl. a természet védelme vagy építési követelmények stb. Már a beruházások megkezdése előtt, a tervezés során be kell tartani a légszennyező forrásokra előírt határértékeket. Tiltott pl. a nádasok, az árkok, a töltések növényzetének égetése.

A belsőégésű motorok (Otto-motorok) által kibocsátott szennyező gázokat rendszeresen ellenőrzik a hatóságok. A kötelezően előírt *zöld kártya* igazolja a szükséges határértékek beállítását. A dízelmotorok kipufogógázai oxidált szénhidrogéneket és nitrogén-oxidokat tartalmaznak, de ólomvegyületeket nem.

Az egyedi források által okozott légszennyezés csökkentése közös érdek. A levegőtisztaság védelmét szabályozással (országos, önkormányzati) kell megoldani. Ennek során az imisszió értékei több fokozatban határozhatók meg, ami szerint az ország egyes területei a levegő tisztaságának védelme szerint kiemelten védett, védett és egyéb kategóriába sorolhatók. A kiemelten védett és a védett területeken légszennyezést okozó tevékenység nem folytatható.

Kiemelten védett terület, ahol a levegő tisztaságának megőrzése, védelme elsőrendű feladat. Pl. Budapesten a Budai-hegyek, a nagyvárosok történelmi területei, a Bükk-fennsík, a Velencei-tó és környéke stb.

A *védett* kategóriába tartozik minden más terület, pl. a városok bel- és külterületei, mezőgazdasági területek, erdők stb.

Az *egyéb területeket* a rendelet ipari területeknek nevezi, ahol ipari tevékenységek folytathatók. Ilyenek pl. a fafeldolgozók, mészégetők, állattenyésztési telepek stb.