



# Globális környezeti problémák és fenntartható fejlődés modul

## Környezeti elemek védelme I. Levegőtisztaság védelme

KÖRNYEZETGAZDÁLKODÁSI AGRÁRMÉRNÖKI MSC  
TERMÉSZETVÉDELMI MÉRNÖKI MSC



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



# A savas ülepedés és hatásai

11. hét (31-33 lecke)



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



# Történeti áttekintés – savas esők. Savas esők lokális és regionális kártételei I.

## 31. lecke



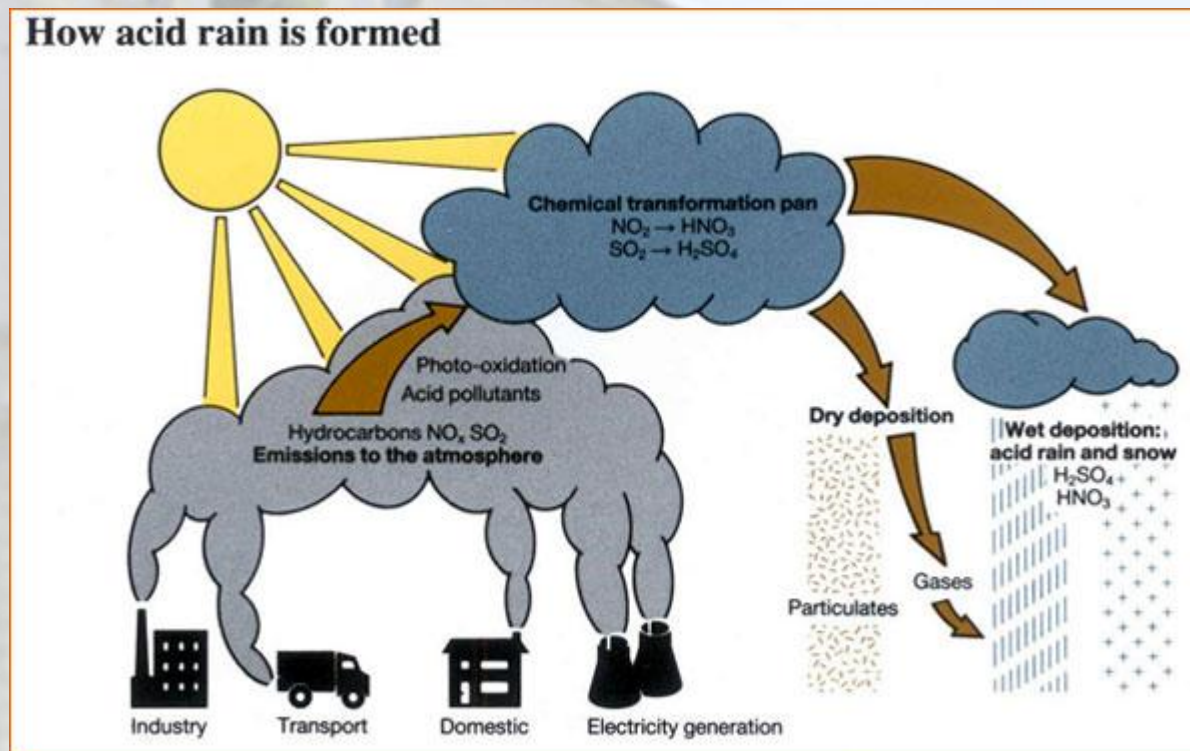
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



- A lakott területeken a csapadék pH 4,5 körüli értéke még nem jelez savasságot. Csak a természetes források jelenlétében becslések szerint a csapadék pH-ja 5 körüli lenne. A 4,5-ös pH kb. megfelel hazánk sokéves átlagának is, így nálunk nem jelent gondot a savas eső.
- A csapadékvíz pH-jának 4 alá csökkenése, s főképpen a 3-as értékhez közelítve súlyos környezeti problémát jelez; savas ülepedéssel van dolgunk. Az évi átlag azonban ne tévesszen meg senkit, mert a csapadék savassága nem állandó érték. Bárhol előfordulhat, hogy rövidebb időszakban savas ülepedés lép fel, s ez az évi átlagban alig, vagy „nem is látszik”.



## 68. ábra A savas ülepedés képződése



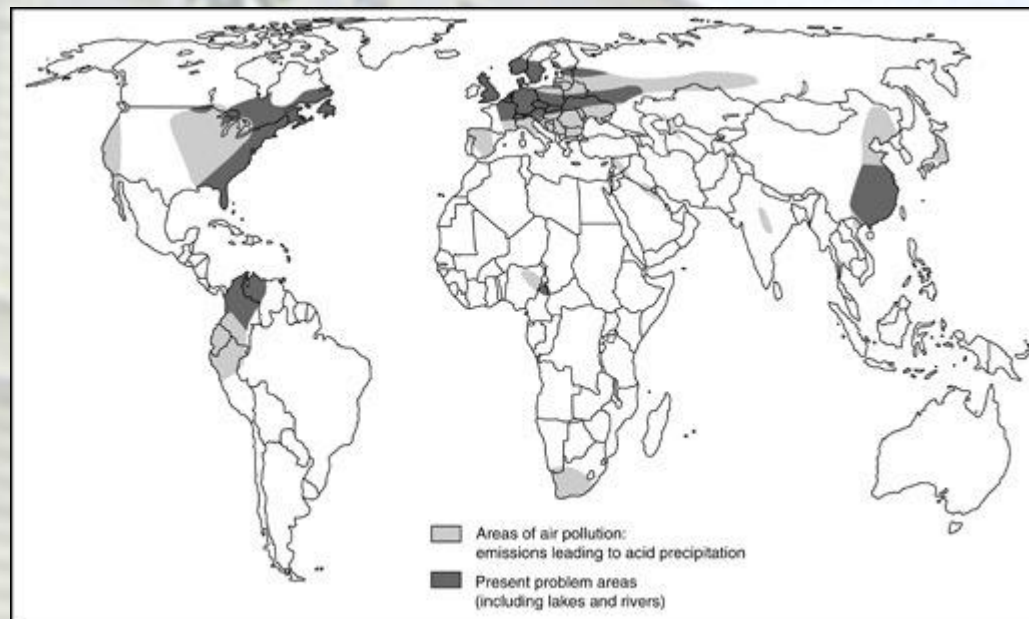
<https://.../Issue+%26amp%3B+Background+Info-wp3>



- Az eddig mért legalacsonyabb csapadék pH-t Kínában mérték 1981-ben (2,25). Itt a levegő rendkívül szennyezett volt. Összehasonlításképpen ez olyan oldatnak felel meg, ahol a vízben 0,3 g kénsav, vagy salétromsav van feloldva. A háztartásban használt ecet pH-ja 2,8, vagyis annak savassága sem éri el a Kínában mért rekordértéket!
- Japánban is mértek a 80-as években rekordhoz közeli savasságot. Tsukubában 1984-ben 2,5-ös pH-ról, Kagoshimában 1987-ben 2,45-ös pH-ról számolt be a tudományos közélet. Hazánkban az eddig mért rekorder érték pH=3 volt.



## 69. ábra A világ savas ülepedés által érintett területei



[www.libraryindex.com/pages/3172/Acid-Rain-Aci...](http://www.libraryindex.com/pages/3172/Acid-Rain-Aci...)



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



## Savas esők – lokális jelenségek

- A savas esők **regionális szennyezés** típust képviselnek. Ennek ellenére több lokálisra szorítókozó hatással is találkozhatunk, ezért először ezeket tekintjük át. A savas esők lokálisan az élő és élettelen környezetet egyaránt károsítják:
  - halpusztulás, szarvasmarha elhullás (légúti betegségekben) bekövetkezett
  - műemlékek (mész, márvány) közvetlen károsítása is
  - látástávolság csökkentés is társulhat hozzá
  - korrózió (fém, kő, bőr, papír, szövet, elektromos berendezések, festmények stb.) vele jár.







## 70. ábra A savas eső egy áldozata (légzési elégtelenség)



[www.bluegreenearth.us/.../2002/askeaton1.html](http://www.bluegreenearth.us/.../2002/askeaton1.html)

[www.irish-picturebook.com](http://www.irish-picturebook.com)



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



- Növények esetében a savas ülepedés kártételei az alábbiak:
  - Klorózis (klorofill destrukció)
  - Nekrózis (szöveti elhalás)
  - Pigment képzési és légzési zavar
  - Növekedési rendellenességek

Az erdei fák közül különösen érzékenyek a fenyőfélék, a tölgy és a kőris. Mérések szerint 0,12 ppm 8 órán keresztül biztosan károsítást okoz náluk.

A szántóföldi növények közül a lucerna annyira érzékeny, hogy indikátor növényként alkalmazzuk.





## 71. ábra A savas eső kártétele burgonyán



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



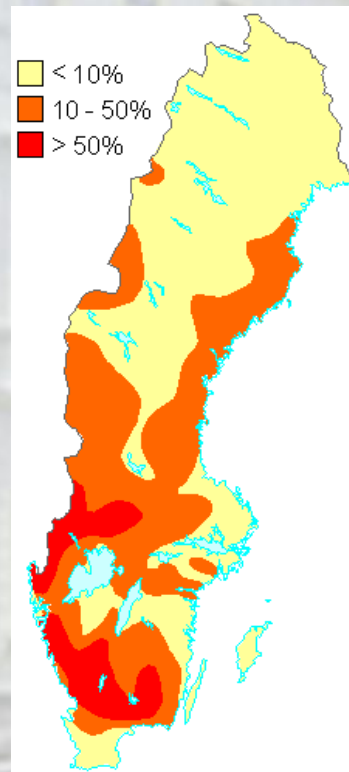
## Regionális kártételek: I. Vízi ökoszisztémák

- A Föld néhány területének tavai különösen veszélyeztetettek. Az első jelek az 1980-as években mutatkoztak, s többek szerint az érintettek száma alig változott; pl. 14 000 svéd tó Skandinávia több területén, az Egyesült Királyság és az Alpok tavai. Az ok pedig a tavak feneke, mely nem mészkő (ez kompenzálhat), hanem kristályos kőzet, mely szintén savas. Észak-Amerikában Kanadában figyeltek meg komoly környezeti problémát a tavak pH alakulásában. Itt a felmérések szerint 1994-ben a tavak 33 %-ában javult a helyzet. Rosszabbodást 11 %-ban tapasztaltak. A többi tó minősége továbbra is változatlan.



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

# 72. ábra A savas tavak aránya Svédországban (1990). A helyzet napjainkban sem javult.



Swedish Environmental  
Protection Agency

<http://www.internat.environ.se/index.php3?main=/documents/pollutants/kalka/forsure.html>



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



# Savas esők lokális és regionális kártételei II. Vízi ökoszisztémák. Erdei ökoszisztémák

## 32. lecke





## Halak

- A tó fenekéből kioldott alumínium két támadási pontja létezik a halak esetében.
- Részben csökkenteni a kopoltyún keresztüli ioncserét, amely só beviteli csökkenést eredményez. Az édesvízi halaknál az egyensúlyi állapot fenntartása a só és az ásványok között az életben maradás feltétele. Az alumínium kiválik a kopoltyún, s a hal oxigénhiány miatt elpusztul.
- A második jelenség a halak fokozott nyálkatermelése, amellyel le kívánják választani kopoltyújukról az alumíniumot.



# 73. ábra A savas pH-jú tóban elpusztult halak



[whooooaa.wikispaces.com/Evidence+Topic+2+--+A...](http://whooooaa.wikispaces.com/Evidence+Topic+2+--+A...)



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg





A sok nyálka végül eldugaszolja, eltorlaszolja a kopoltyút, amely már az oxigén és a só felvételét, szállítását akadályozza.

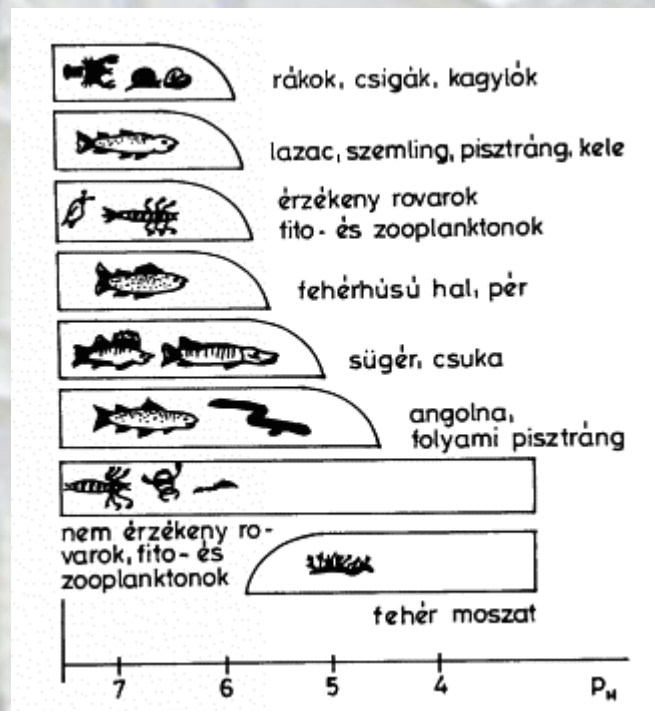
Szintén a halaknál figyeltek meg alacsony kalcium szintet is, melyet kapcsolatba hoztak a gerinc fejlődési rendellenességeinek megszorodásával.

Emellett szaporodási problémák, életképtelen-törékeny ikrák is jellemzőek voltak a 4 alatti pH-jú vizekben élő egyedeknél.

A vízi ökoszisztéma fajai nem egyformán érzékenyek a pH változására. Ezt mutatja be a következő, 74. ábra. A fehér moszat majdnem mindent kibír...



# 74. ábra Néhány vízi élőlény eltérő érzékenysége





## Ökoszisztéma 2. Az erdők lombozatára gyakorolt hatások

- A légkörből csapadékkal érkező savak leoldják a levelek és a tűlevelek felszínéről a viaszréteget, amely növeli a kutikuláris vízvesztést. Ez kaput nyithat a tápanyagok levélen keresztüli kimosódásához. A kettő együtt már elegendő a fotoszintézis csökkent intenzitásának kialakulásához.
- A levélen – száraz ülepedéssel érkező - ammónia és nitrogén-oxid átjutva a levél felszínének féligáteresztő hártyáján beépül a levél sejtjeibe, s hatására a kálium, kalcium, magnézium és a kén átszűrődik és kimosódik a levélből. A fák érzékenyebbé válnak az aszály, szél ill. egyéb tényezők hatásaira.



# 75. ábra Savas ülepedés hatása erdőben



[www.kidcyber.com.au/topics/acidrain.htm](http://www.kidcyber.com.au/topics/acidrain.htm)



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



- A fentieken túl többen a savas ülepedést teszik felelőssé az avar csökkent mértékű lebomlásáért is.
- Ehhez hasonlóan közvetett kárként a hasznos mikroorganizmusok, a mikorrhizák fokozott pusztulását a megváltozott talaj pH-nak tudják be többen. Ezek a fák gyökerén élő, a fával szimbiózisban lévő szervezetek a tápanyag felvételben vesznek részt.
- Savasodásnál a talajlakó szervezetek légzési sebessége csökken.
- Nagymértékű erdőpusztulásban akár a felsorolt tényezők is szerepet játszhatnak, ill. egyéb fát veszélyeztető jelenséggel komplexen fokozhatják a kártételt.



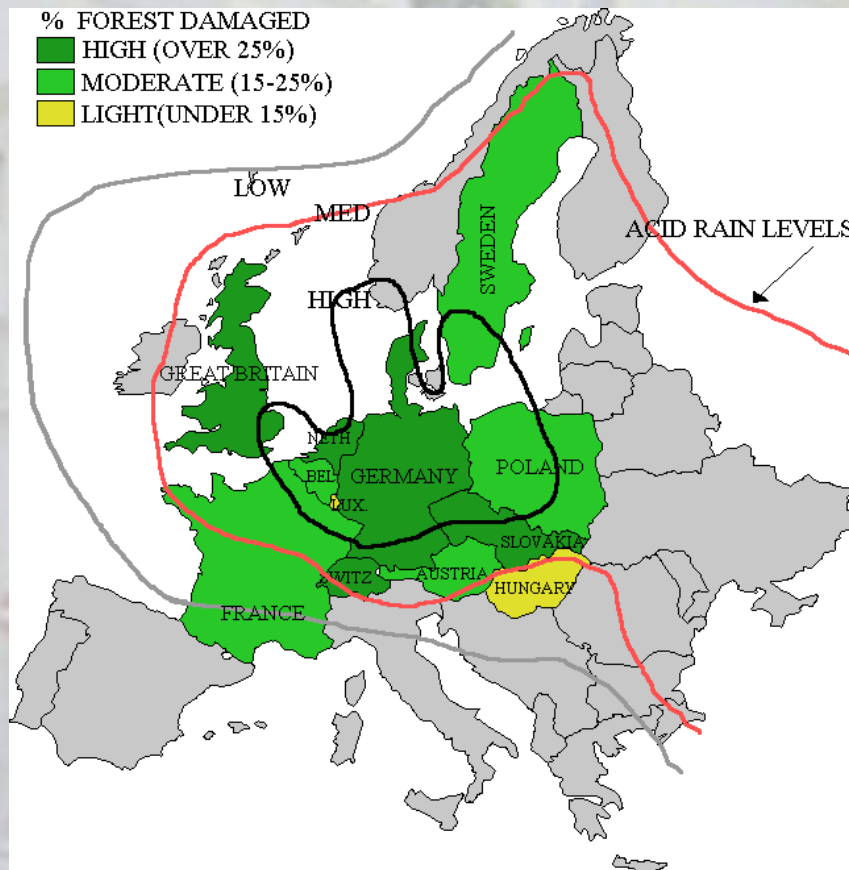


- Erdőpusztulásnál:
  - fák gyökere és lombozata fizikailag károsodik
  - csökken a növényborítottság
  - a lombkorona elhal
  - csökken a fa növekedési sebessége, s végül
  - az egész fa elpusztul.

Nem feltétlenül pusztulás következik be, bár a fák akkor is károsodhatnak a savas esők miatt, ha jó a talaj pufferkapacitása. Felmérések szerint több mint 30 európai országban a fák 25%-a károsodott (elvesztették a lombzat negyedét). Hasonló a helyzet Kínában, Brazíliában, Chilében és Mexikóban is.



## 76. ábra Erdőkárok Európában



Sárga: enyhe (15% alatti)  
 Világos zöld: közepes (15-25%)  
 Sötét zöld: erős károsodás (25% feletti)

By Harry J. Kazianis  
<http://geology100.tripod.com/europe.gif>



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



### 3. Talaj károsítás

- A talaj savassá válásával több növényi tápanyag kalcium és a magnézium kioldódnak, s vele párhuzamosan néhány mérgező anyag, így a szerves alumínium felvehető formájú szervetlenként jelenik meg. Az alumínium kioldódása az alumínium szilikátokból 4-es víz pH-nál következik be. Az alumínium károsítja a hajszálgyökereket, s csökkenti a foszfor felvételét.
- Savas talajban leromlik a fák ellenálló képessége, s „éhen halhatnak”.
- A gránit alapú talajok veszélyeztetettsége a legnagyobb.







# Savas esők és a biodiverzitás. A savas esők hatása az emberre. Az EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme) és a hazai részvételünk

## 33. lecke



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



## 4. Savasodás- biodiverzitás

- A savasodás a táplálkozási lánc minden szintjét károsíthatja, a végén az emberrel. A savasodásra legérzékenyebbek a halak, zuzmók, moszatok, néhány gomba és vízi szervezetek.
- A savas ülepedés zavart okoz az anyagforgalomban is (kén és a nitrogén).
- Az érzékeny élőlények életfeltétel romlásával a biodiverzitás csökkenése következhet be.
- Svédországban a gombafajok esetében igazolódott a változás.
- Nem lebecsülendő a kioldódott káros anyagok felhalmozódása a vizekben és a talajokban.





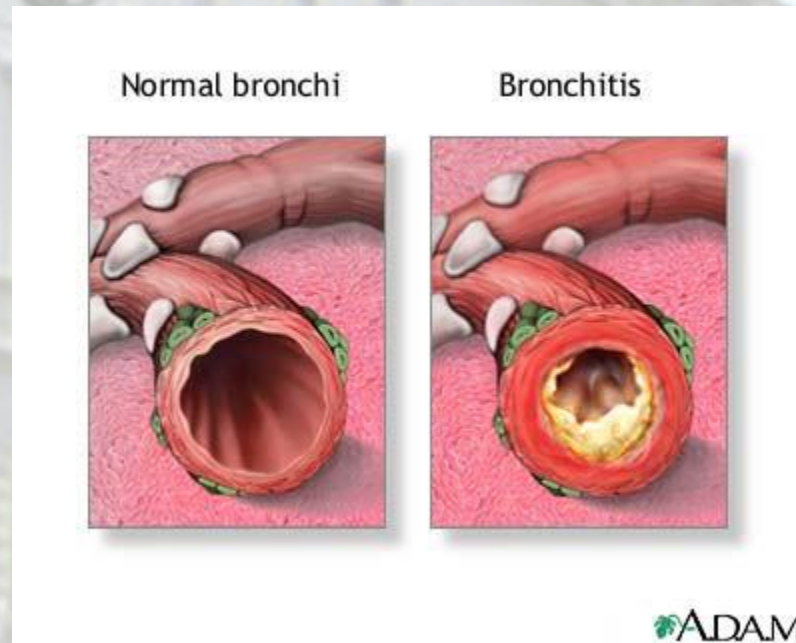
## Emberre gyakorolt káros hatások Akut hatás

A savas ülepedésnél jelenlévő savak maró hatásúak az emberre is. Akut esetben a felső légút (szájüreg, orr és torok) mechanikai irritációját figyelték meg, mely károsította a nyálkahártyát, s elvezetett a **melléküreg gyulladások** kialakulásához. Azokon a területeken, ahol a csapadék pH-ja alacsonyabb, a homloküreg és az arcüreg gyulladások száma többszörösére emelkedett.

Emellett a savgőz beszívása asztmás rohamot válthat ki.



# 77. ábra A bronchitis okozta elváltozás a légző szervrendszerben (2-ik kép a károsodotté)



[www.nlm.nih.gov/.../ency/imagepages/17099.htm](http://www.nlm.nih.gov/.../ency/imagepages/17099.htm)



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



## Krónikus hatások (ember)

Mérgezéshez hasonló tüneteket okozhat.

- Légzési nehézségek megjelenése várható
- Súlyosabb esetekben tüdőtágulás lép fel.
- Végső esetben szívelégtelenség akár halálokként is szerepelhet, mely valóban csak nagyon hosszú távú kitettségénél fordulhat elő.

Kritikus határértékek

Tartósan 6 ppm alatt: tüdő és torok irritáció

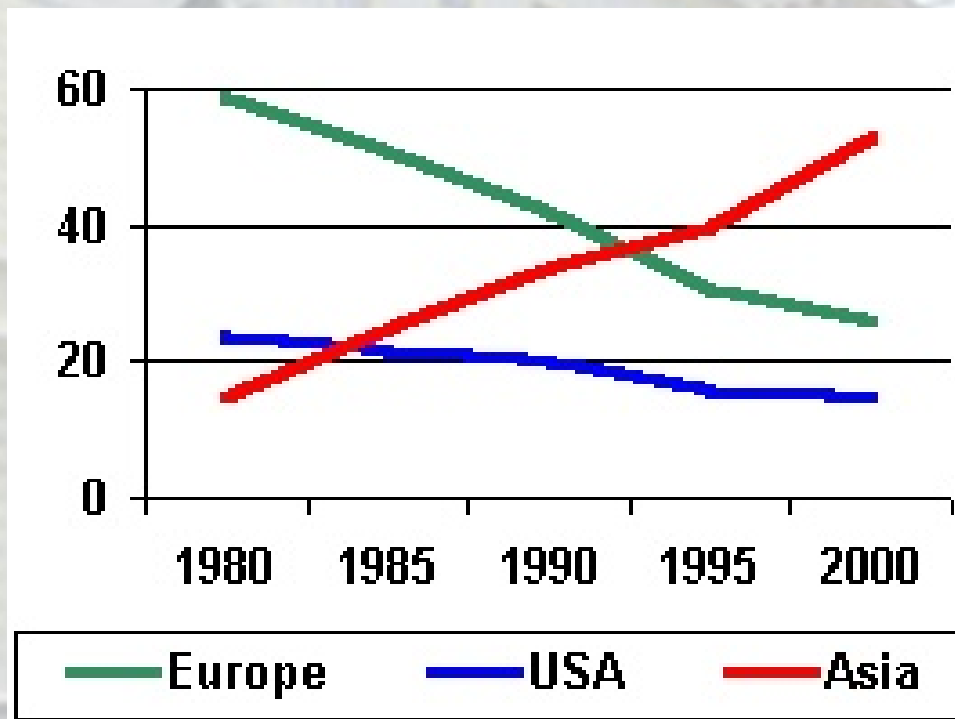
6 ppm felett: immunrendszeri gátlás



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



## 78. ábra A SO<sub>2</sub> kibocsátás (millió t/év) kontinensenkénti alakulása



Hypertext Book in Biodiversity and Conservation  
(<http://darwin.bio.uci.edu/~sustain/bio65/>)



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



- A kén-dioxid emissziója jelentősen változott az elmúlt évtizedek során. Kezdetben, Európában a XIX. század végén erőteljesen növekedett, melynek oka az iparosodás, s az azzal együtt járó fokozott szénfelhasználás volt. A legintenzívebb emelkedés viszont 1945 után volt tapasztalható, az olajfelhasználás fokozódása következtében. Ennek végeredménye a II. világháború vége és az 1970-es évek eleje közötti kétszeresére nőtt kén-dioxid emisszió lett. Napjainkra Európa kibocsátása megnyugtatóan alakul, ellenben Ázsiában a növekedés aggodalomra adhat okot (szénrel működő erőművek, lásd. 78. ábrát!)





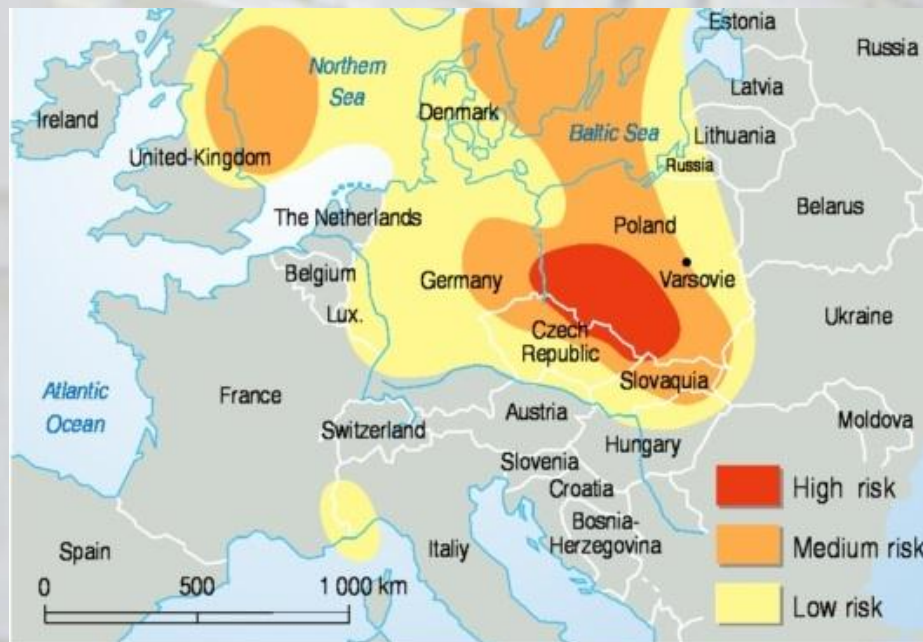
## Monitoring rendszer Európában Hazai részvételünk

- A légszennyező anyagok, s köztük a savas esőt okozók követése az EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme) keretében történik, melyben Magyarország is aktívan vesz részt. A hálózat adata szerint az évi átlagokból meghatározott legnagyobb európai SO<sub>2</sub>-koncentrációkat Németország, Csehország és Lengyelország légterében mérték, mintegy 17 µgSm<sup>-3</sup> értékkel. Hazánkban az alacsonyabb emisszió, az évi átlagos kén-dioxid koncentráció mindössze 5 µgSm<sup>-3</sup> körül van.





# 79. ábra Közép-Európa savas ülepedés általi veszélyeztetettsége. Lengyelország az energia 96%-át szénből nyeri (Financial Times)



Sárga: nincs veszély  
Narancs: közepes veszély  
Piros: nagy rizikójú terület

<http://www.treehugger.com/acid-rain-risk-central-europe.jpg>



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



- A nitrogén-oxidoknál a vezető kibocsátók Nyugat-Európában találhatók. Az élen Németország, Franciaország, és a Benelux-államok állnak.
- A kénvegyületek hozzájárulása a környezet savasodásához jóval felülmúlja mind az oxidált, mind a redukált nitrogénvegyületeket.
- Hazánkban az 1970-es évek közepe óta működik a savasodást okozó vegyületek monitoringja (levegőben és a csapadékban egyaránt). Az  $\text{SO}_2$  koncentráció az 1980-as évek közepétől erőteljesen csökkent.





- A szulfát koncentráció is csökkenő, bár 1993-1994-ben egy enyhe növekedés szakította meg a trendet.
- A kén-vegyületeihez hasonlóan a nitrogén-dioxid és a nitrát koncentrációi is mérséklődtek, bár ez nem érte el a kén-dioxidnál tapasztalt mértéket.
- A nitrát nedves ülepedése a közelmúltban  $0,3 \text{ gNm}^{-2}\text{év}^{-1}$  érték körül ingadozott hazánkban.





Debrecen Egyetem  
Mezőgazdaság- Élelmiszertudományi és  
Környezetgazdálkodási Kar



Pannon Egyetem  
Georgikon Kar



Köszönöm figyelmüket!



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg