

# A 14. csoport elemei

**2.3.3. táblázat.** A 14. csoport elemeinek előfordulása és előállítása

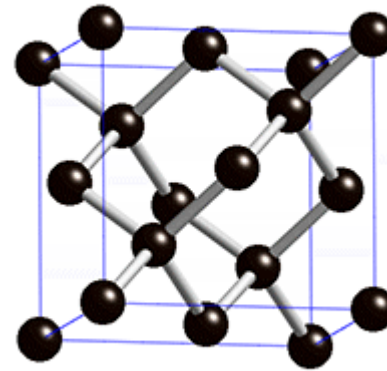
Elem	Természetes előfordulás	Előállítás
Szén	grafit, gyémánt, kőolaj, ásványi szén	
Szilícium	szilikát ásványok, szilícium-dioxid	$K_2SiF_6$ redukciója Al-mal, vagy $SiO_2$ redukciója Mg-mal
Germánium	germanit ( $Cu_2FeGeS_4$ )	$GeO_2$ redukciója $H_2$ -nel, vagy C-nel
Ón	kasszerit ( $SnO_2$ , ónkő)	$SnO_2$ redukciója C-nel
Ólom	galenit ( $PbS$ ) anglezit ( $PbSO_4$ ), ceruzit ( $PbCO_3$ )	$PbS$ pörkölése $O_2$ -nel, majd a keletkezett $PbO_2$ redukciója C-nel

Felfedezésük: Si: **1823** Jons Berzelius (név: a latin '*silix*': kovakő szóból)  
Ge: **1886** Clemens Winkler

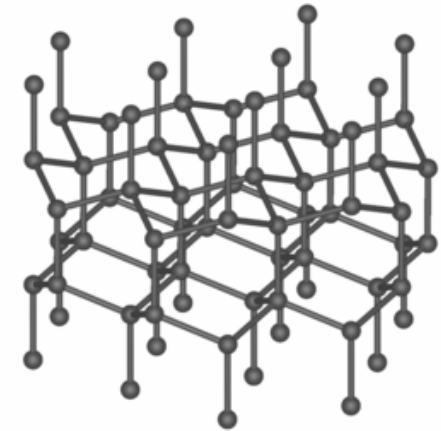
# A szén allotróp módosulatai



gyémánt  
legnagyobb: Cullinan 1905



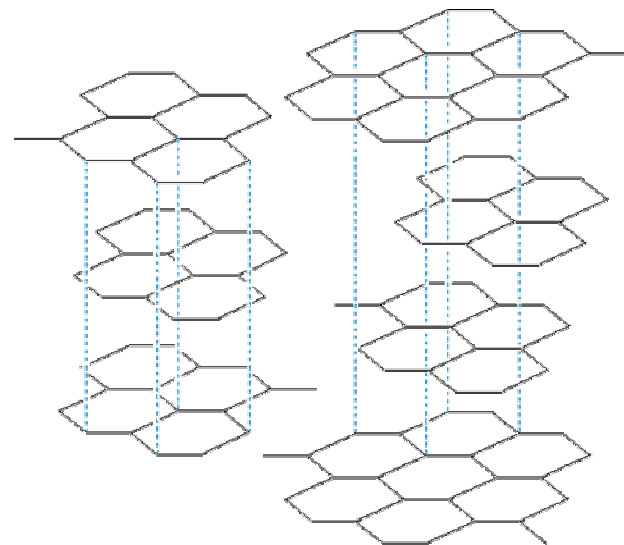
gyémánt



lonsdaleit

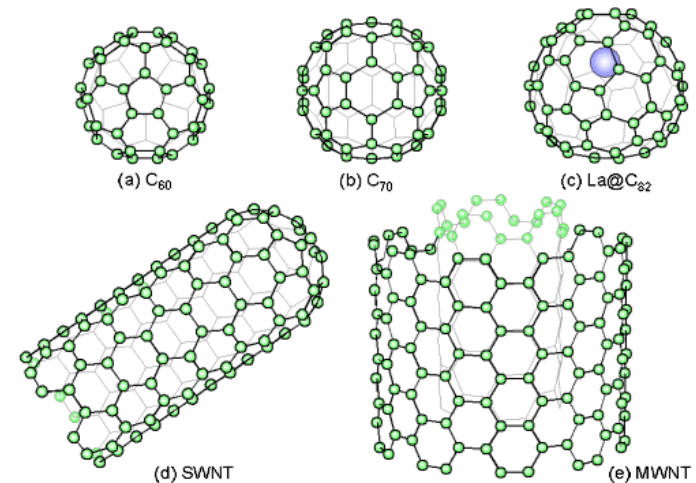


grafit

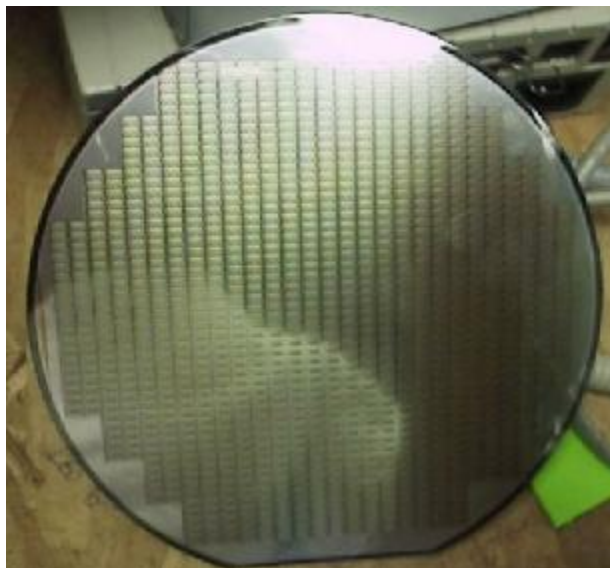


grafit  $\alpha$

grafit  $\beta$



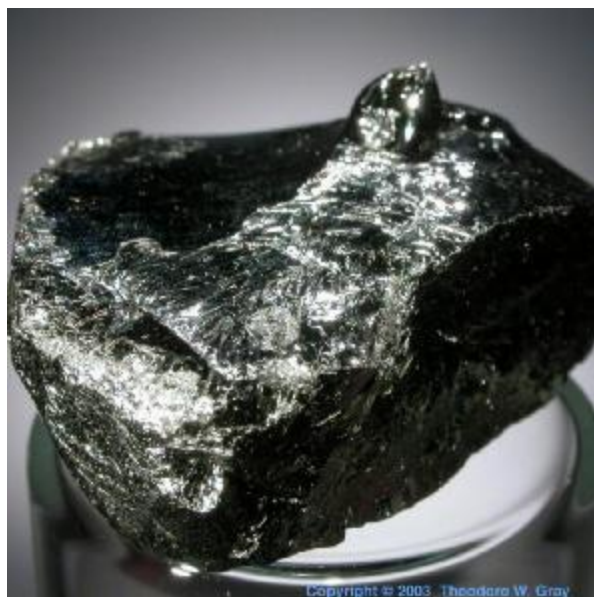
fullerének, nanocsövek



szilícium



ón



germánium



szürke ón (ónpestis)

Si, Ge,  
Sn, Pb



ólom

# A 14. csoport elemeinek fizikai tulajdonságai

2.3.4. táblázat. A 14. csoport elemeinek fontosabb fizikai állandói

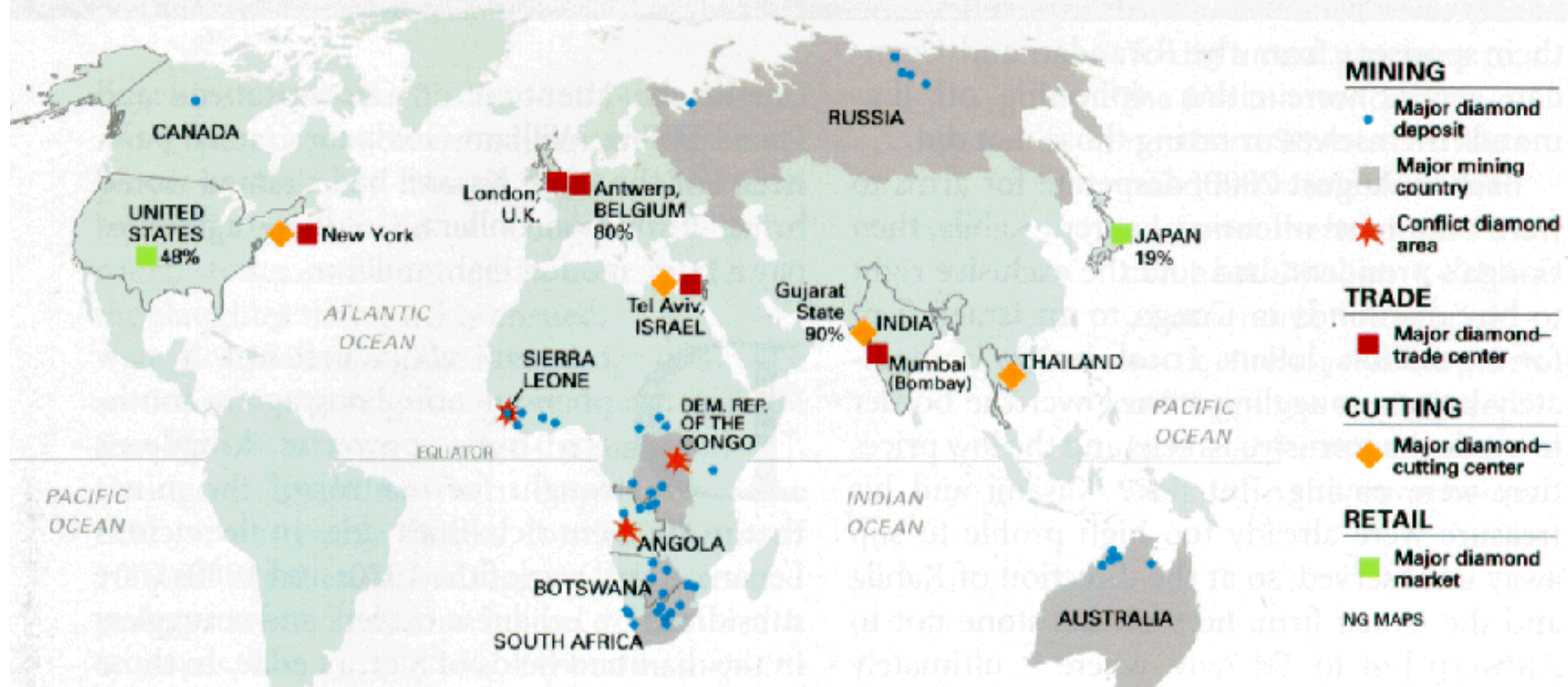
Elem	Elektro-negativitás*	Olvadáspont (°C)	Forráspont (°C)	Sűrűség (g/cm <sup>3</sup> )
Szén	2,5	3700 (szublimál)	–	1,9 – 2,3 (grafit) 3,2 – 3,5 (gyémánt)
Szilícium	1,8	1410	2620	2,33
Germánium	1,8	959	2850	5,32
Ón	1,8	232	2720	7,29
Ólom	1,9	327	1760	11,34

**Felhasználásuk:** C: gyémánt – csiszolópor, grafit – pl. kompozitok, amorf szén – energiahordozó, szerves vegyipar fullerének, nanocsövek – pl. szerkezeti anyagok  
 Si: félvezetőgyártás  
 Ge: félvezetőgyártás  
 Sn: bronz (20% Sn, 80% Cu)  
 forrasztóón (60% Sn, 40% Pb)  
 vaslemezen védőréteg (passzív korrózióvédelem!)  
 Pb: akkumulátorok, régebben vízvezetékcsövek

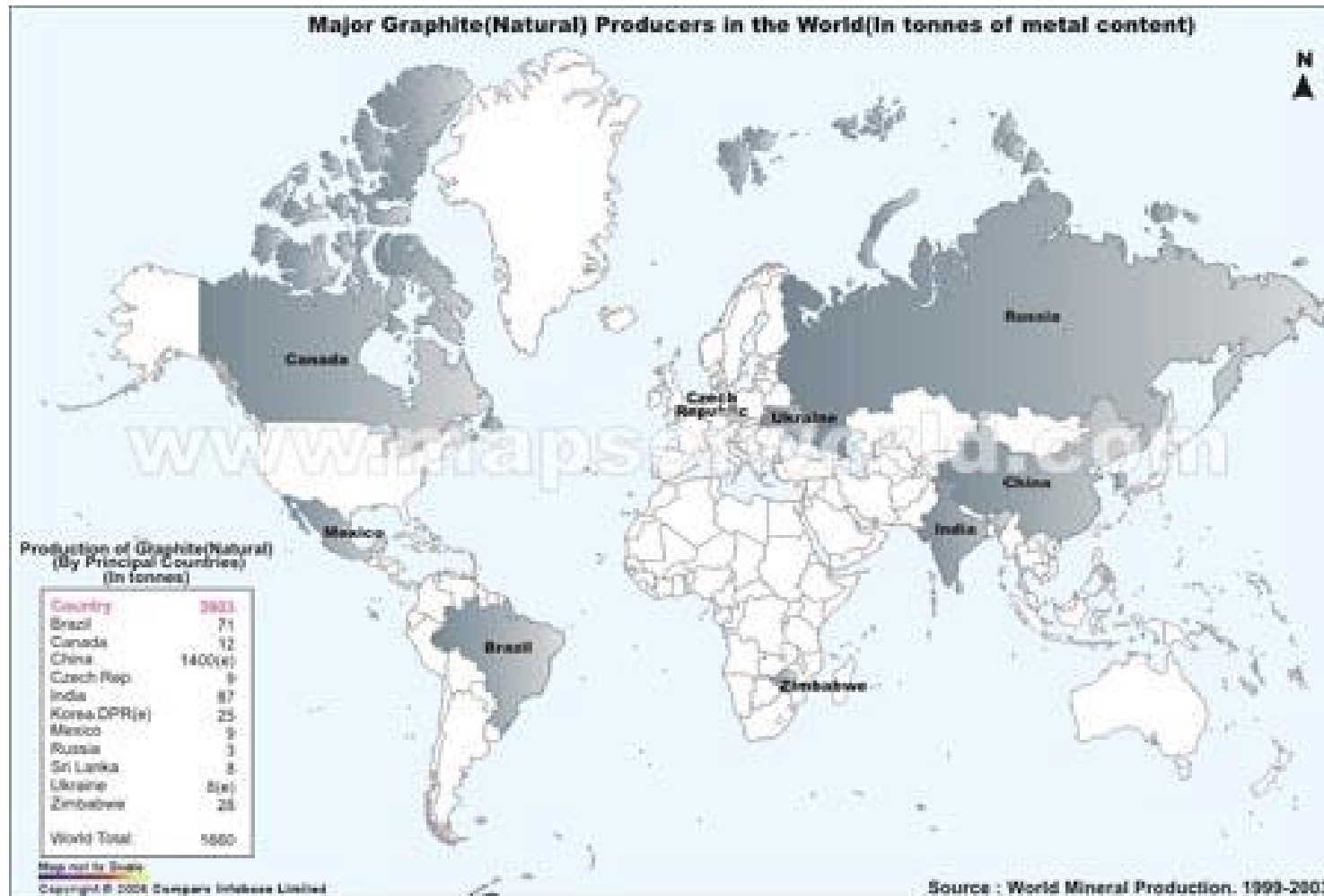
# A világ gyémánttermelése, feldolgozása, kereskedelme

## The World of Diamonds

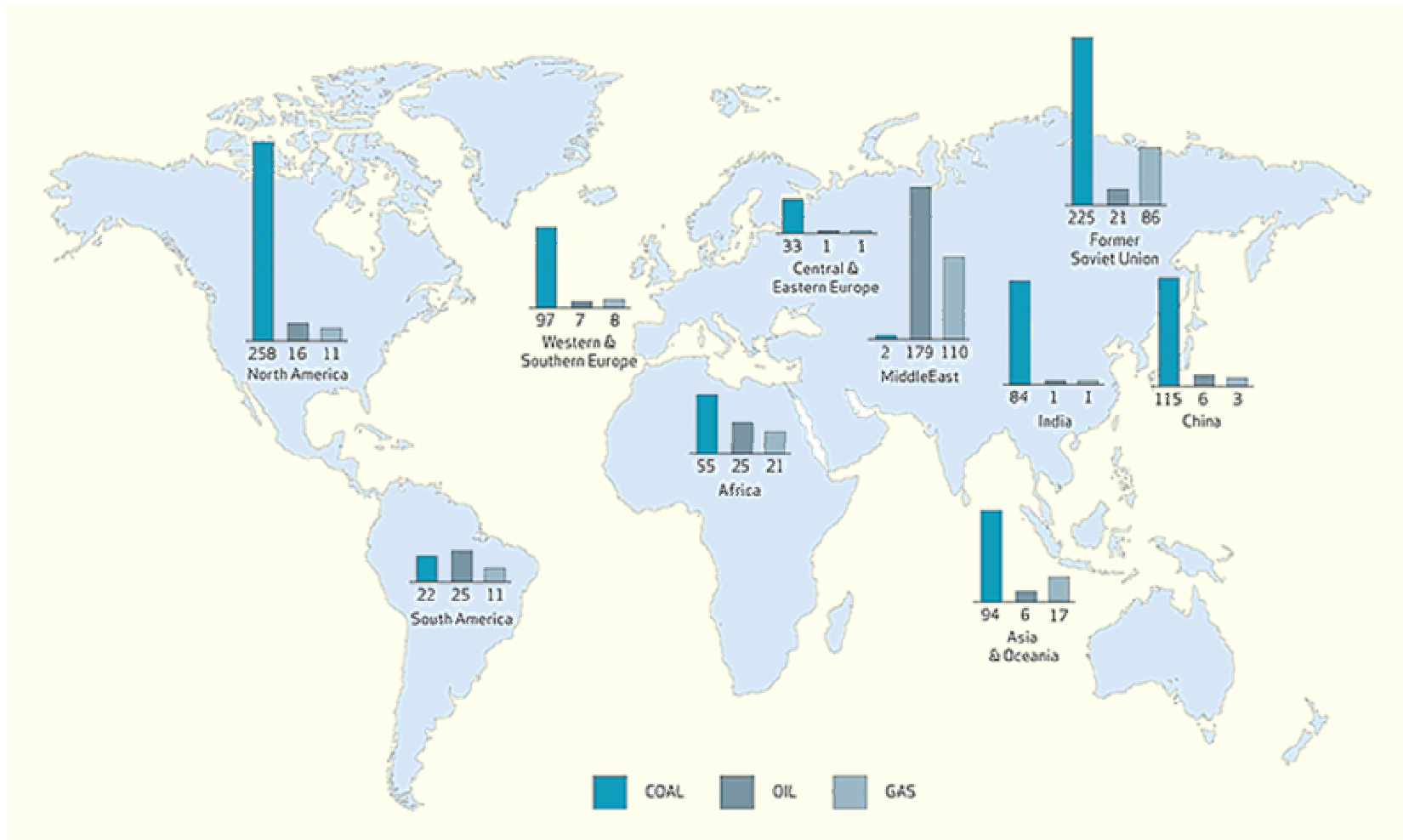
Earth's diamond mines produce some 800 million stones—both gem quality and industrial—a year. Eighty per cent of the diamonds destined for jewelry pass through Antwerp before they reach the cutting wheel. Laborers in India cut and polish nine out of ten gems; the majority will eventually reach stores in the United States.



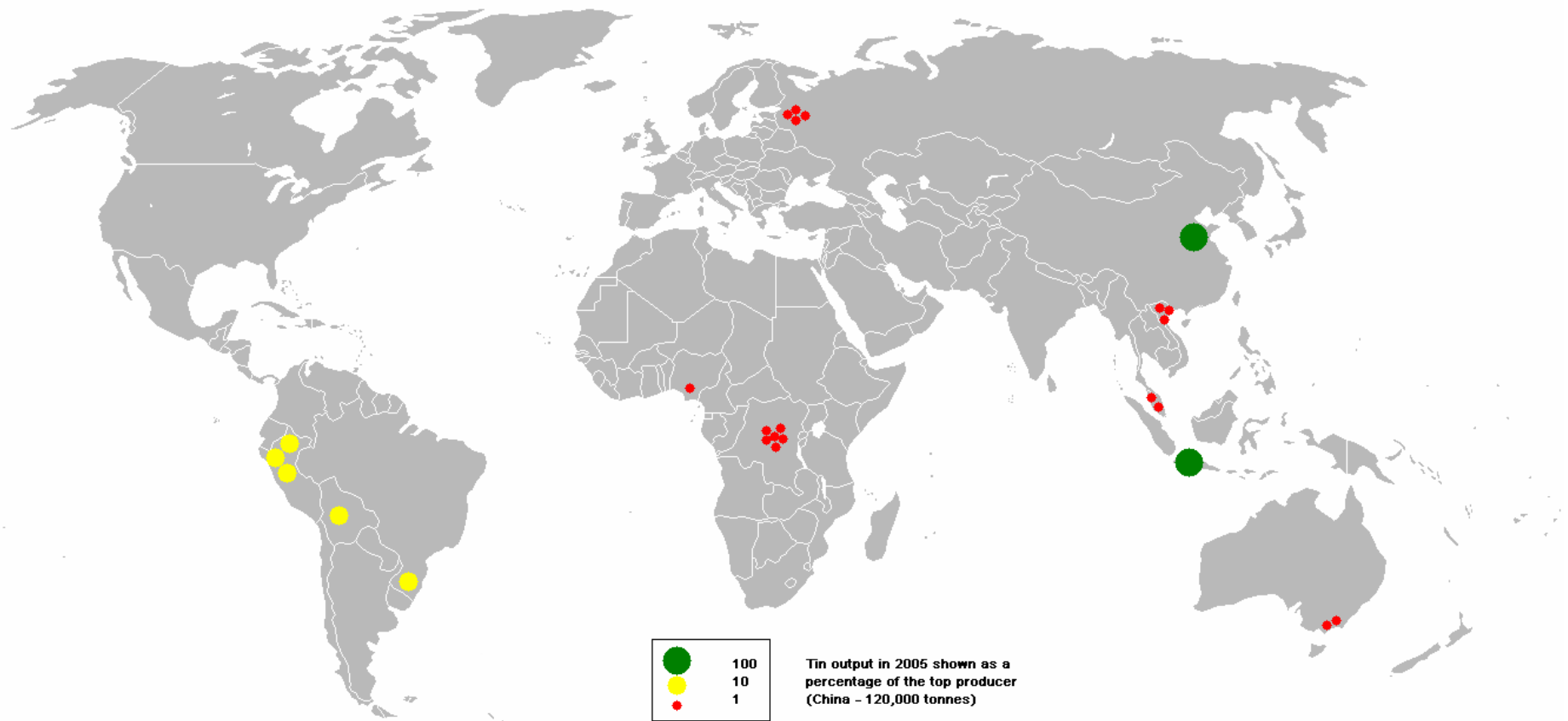
# A világ grafit termelése



# A világ szén és szénhidrogén-tartaléka

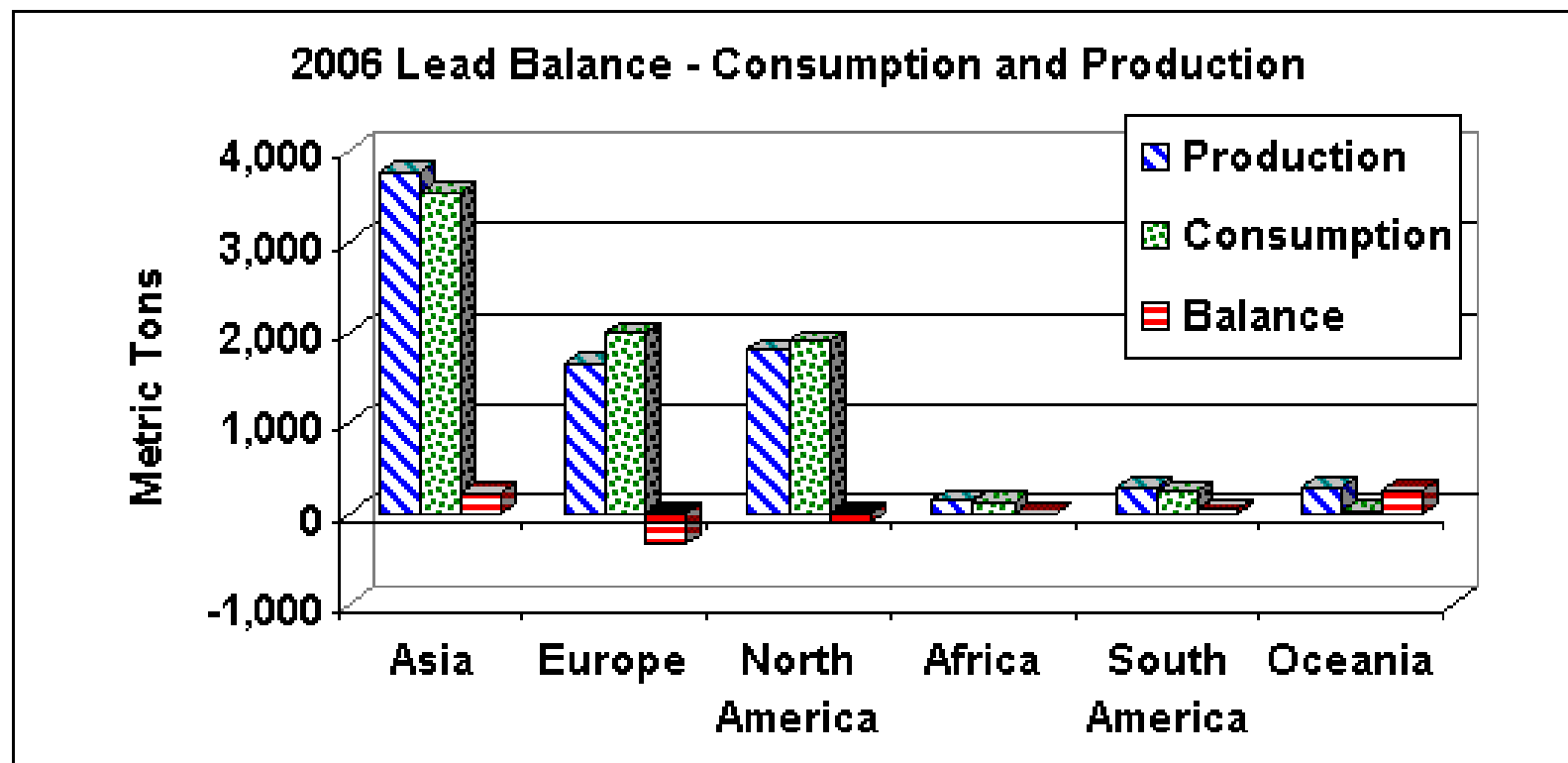


# A világ ón termelése (2005)

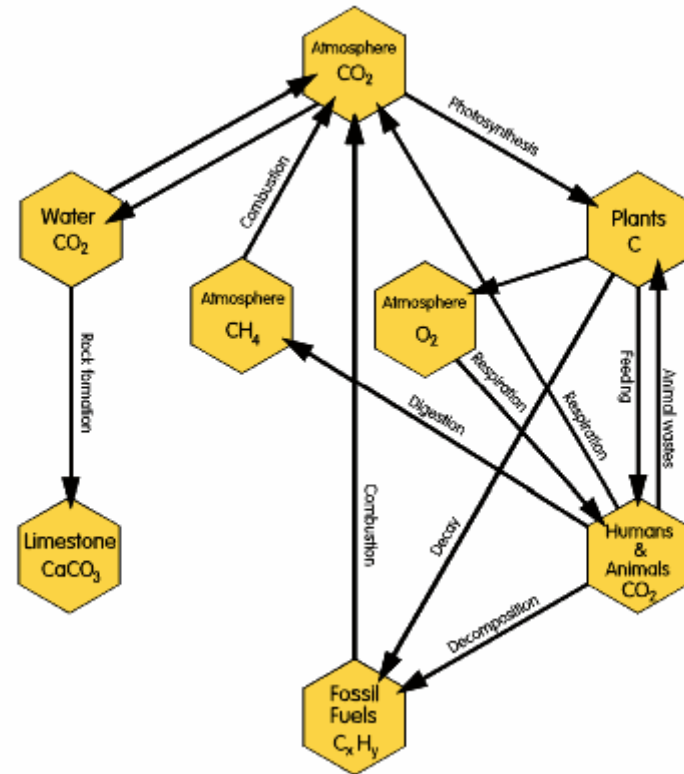
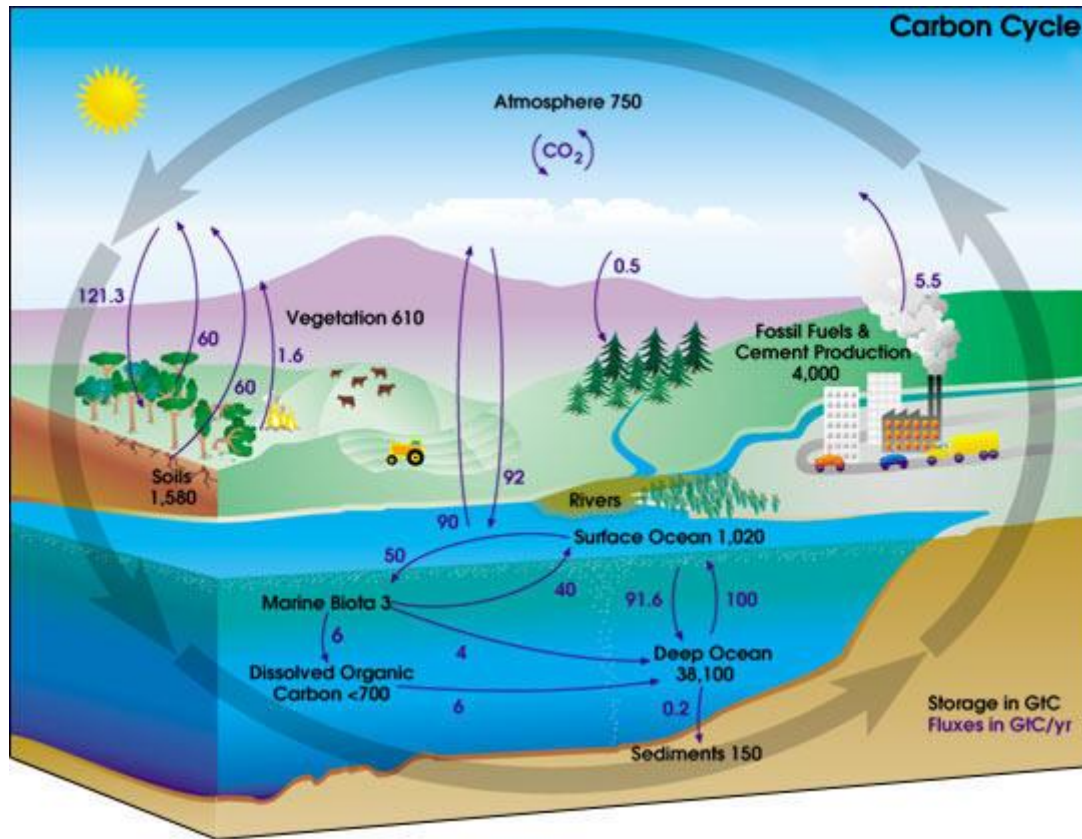




# A világ ólomtermelése és felhasználása



# Szén ciklus



GtC: Gigatons of Carbon (gigatonna szén)

# A 14. csoport elemeinek főbb vegyületei

## Karbidok:

- atomrácson:* **SiC**, szilícium-karbid (szilitrúd): fűtőelem, csiszolópor  
**B<sub>4</sub>C**, bór-karbid: gyémántnál is keményebb
- ionrácson:* **CaC<sub>2</sub>**, kalcium-karbid (kalcium-acetilid): karbid-lámpák  
$$\text{CaO} + 3\text{C} = \text{CaC}_2 + \text{CO} \quad 2000^\circ\text{C}$$
$$\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2 + \text{C}_2\text{H}_2$$
- intersticiális:* **Fe<sub>3</sub>C**: acélban  
**TiC**: páncél-acélban  
fémrács üregeiben a C, kemények, magas o.p.
- szénhidrogének:* **C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>**: energiahordozók, szerves vegyipar nyersanyagai

## Halogenidek:

**CCl<sub>4</sub>**: szén-tetraklorid, mérgező, nem gyúlékony, jó oldószer

**CHCl<sub>3</sub>**: triklór-metán, oldószer, altató hatású

**CFCl<sub>3</sub>**, **CF<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>**: freonok: hűtőgépekben, légkondicionálókban, de a magas légkörben katalitikusan bontják az ózonréteget

**CF<sub>3</sub>-(CF<sub>2</sub>)*n*-CF<sub>3</sub>**: teflon: lágy hidrofób, organofób, savnak, lúgnak, oxidálószernek ellenáll, 600°C-ig stabil

# A 14. csoport elemeinek főbb vegyületei

**CO:** szén-monoxid: színtelen, szagtalan, erősen mérgező (hemiglobinhoz kötődik)

szerves szintézisek kiinduló vegyülete

ipari előállítás:  $C + H_2O = CO + H_2$

**CO<sub>2</sub>:** szén-dioxid: kevésbé mérgező, színtelen, szagtalan gáz

tűzoltószer, szénsav-gyártás, szilárd formában hűtésre használják

**C<sub>3</sub>O<sub>2</sub>:** O=C=C=C=O szén-szuboxid

**H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>:** csak híg vizes oldatban létezik, könnyen elbomlik vízre és CO<sub>2</sub>-re

$H_2O + CO_2 = H_2CO_3$ , sói a karbonátok

**CS<sub>2</sub>:** szén-diszulfid: jellegzetes szagú, mérgező, illékony folyadék, előállítás:

$2CH_4(g) + 4S(s) = CS_2(g) + 2H_2S(g)$  (600 °C)

**HCN:** hidrogén-cianid (ciánsav): mandulaszagú, rendkívül mérgező gáz, sói a cianidok

**SiH<sub>4</sub>:** gáz, levegőn spontán meggyullad (Si<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub> szilánok n= 1-4 viszonylag stabil)

**SiCl<sub>4</sub>:** színtelen folyadék, levegőn hidrolizál

**SiO<sub>2</sub>:** kvarc (lásd korábban)

üveg (+Na) különböző szilikátok

alumínium szilikátok (+Al)

**szilikon-olaj:** lineáris polimer, viszkózus inert folyadék

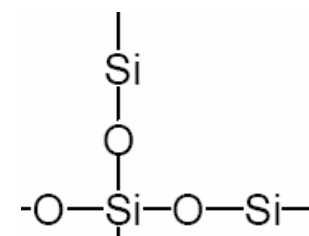
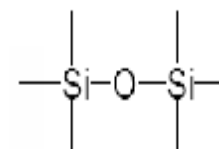
**szilikon-gumi:** laza térháló: nem öregszik, szervezetnek nem idegen

**szilikon-gyanta:** térhálós polimer

**(H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>)<sub>n</sub>:** metakovasav, vízkilépéssel könnyen térhálósodik

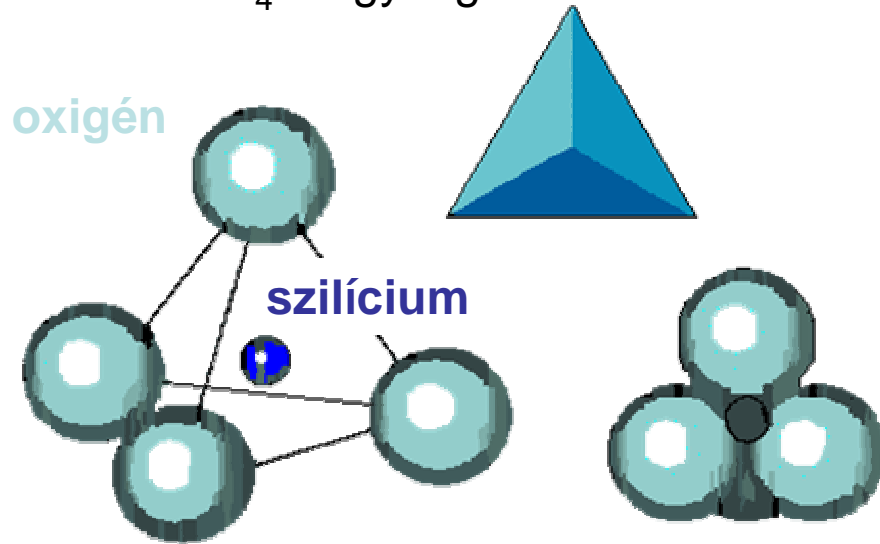
**Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>:** nátrium-szilikát, vízüveg: impregnáló, ragasztó

**SiC:** szilícium-karbid, kemény, csiszolóanyagként



# Szilikátok

tetraédres  $\text{SiO}_4^{4-}$  egységek



class	arrangement of $\text{SiO}_4$ tetrahedrons (central $\text{Si}^{4+}$ not shown)	unit composition	mineral example
Nesosilicates		$(\text{SiO}_4)^{4-}$	Olivine, $(\text{Mg, Fe})_2\text{SiO}_4$
Sorosilicates		$(\text{Si}_2\text{O}_7)^{6-}$	Hemimorphite, $\text{Zn}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Cyclosilicates		$(\text{Si}_6\text{O}_{18})^{12-}$	Beryl, $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$
Inosilicates (single chain)		$(\text{Si}_2\text{O}_6)^{4-}$	Pyroxene e.g., enstatite, $\text{MgSiO}_3$
Inosilicates (double chain)		$(\text{Si}_4\text{O}_{11})^{6-}$	Amphibole e.g., anthophyllite, $\text{Mg}_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
Phyllosilicates		$(\text{Si}_2\text{O}_5)^{2-}$	Mica e.g., phlogopite, $\text{KMg}_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$
Tectosilicates		$(\text{SiO}_2)^0$	High cristobalite, $\text{SiO}_2$

# A 14. csoport elemeinek főbb vegyületei

**GeO<sub>2</sub>**: germánium-dioxid, argutit  
nagy törésmutatójú → kameranlencsék

**GeCl<sub>4</sub>**: germánium-tetraklorid  
hidrolizál GeO<sub>2</sub>-dá  
(tiszta GeO<sub>2</sub> előállítás)

**SnO**: ón-oxid

**Sn(OH)<sub>2</sub>**: ón(II)-hidroxid

**SnO<sub>2</sub>**: ón-dioxid, kassziterit

**Sn(OH)<sub>4</sub>**: ón(IV)-hidroxid



kassziterit (SnO<sub>2</sub>)

**PbO**: fehéres, sárga, vörös módosulatok

felh.: pigmentek, festék, kerámia, ólomüveg

levegőn H<sub>2</sub>S szennyezés hatására PbS (fekete)

**PbO<sub>2</sub>**: barna-fekete (akkumulátor)

**Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>**: mίνium, narancssárga

régebben védőfesték, ma már tiltott

**PbS**: ólom-szulfid, fekete

**Pb(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>**: ólom-tetraetil:

ólmozott benzin adalékanyaga (volt)



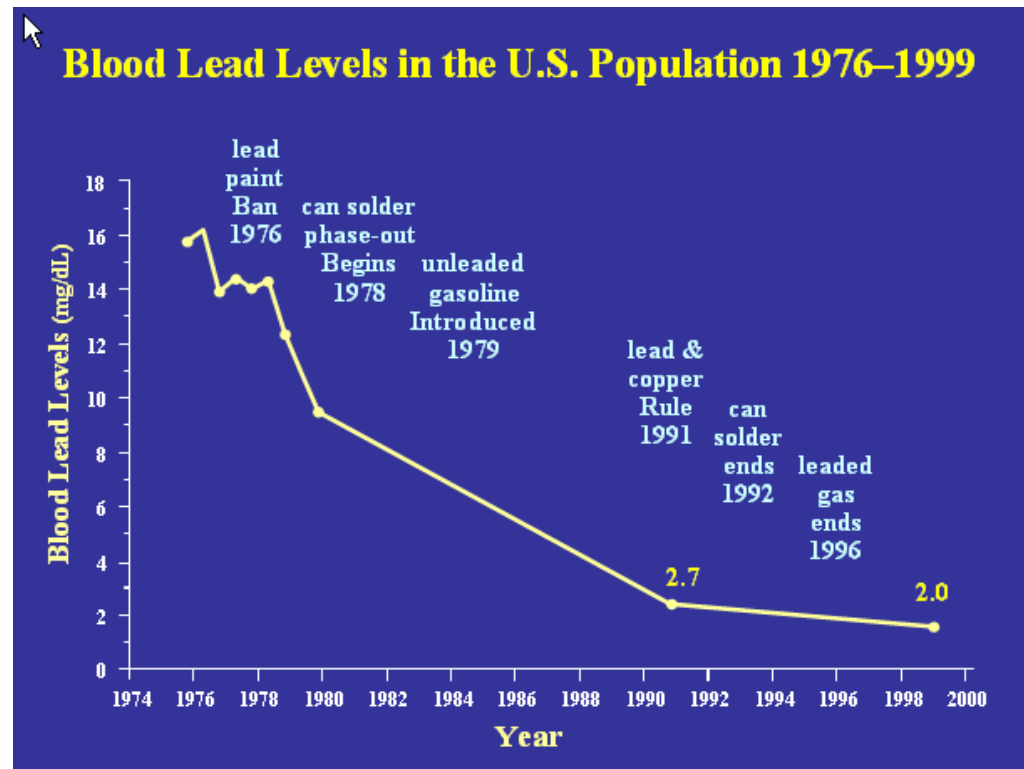
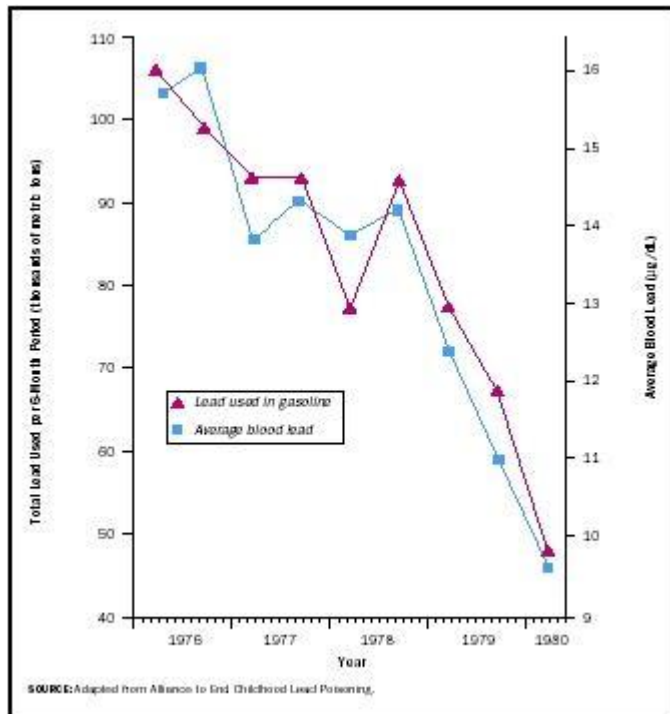
kvarc (SiO<sub>2</sub>)



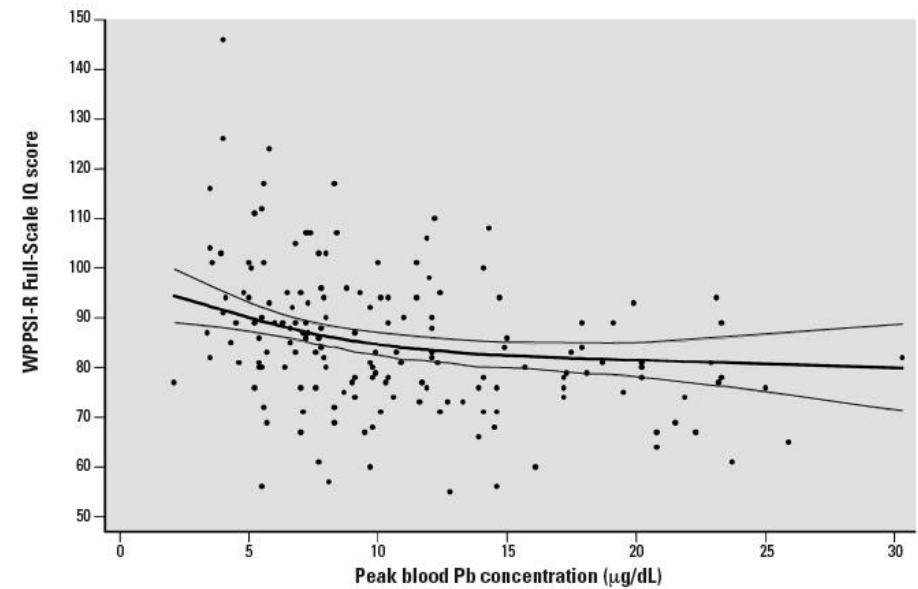
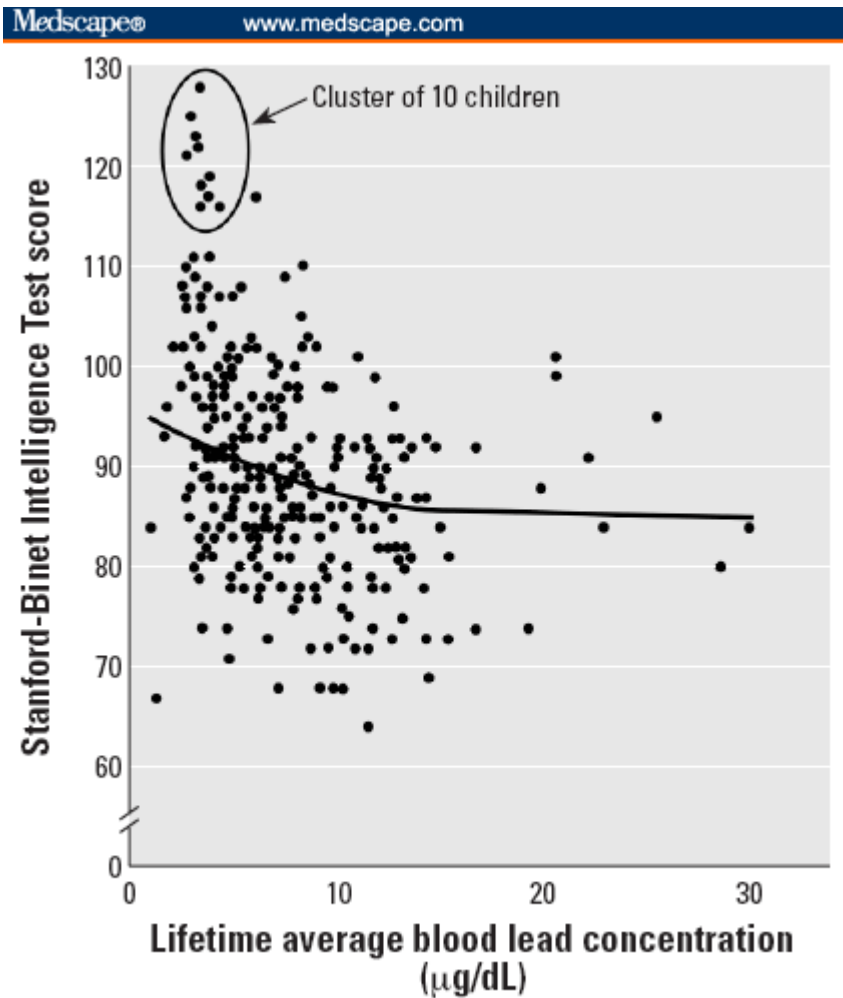
galenit (PbS)

# Ólomszennyezés

Felhasznált ólmozott benzin (piros)  
Vér átlagos ólomtartalma



# Ólomszennyezés



**Figure 6.** Full-Scale IQ as a function of peak blood lead concentration from 6 months to 6 years ( $n = 169$ ), with 95% confidence intervals. The individual points represent the unadjusted peak blood lead concentrations and Full-Scale WPPSI-R IQ scores.



# A 13. csoport elemei

**2.3.1. táblázat.** A 13. csoport elemeinek előfordulása és előállítása

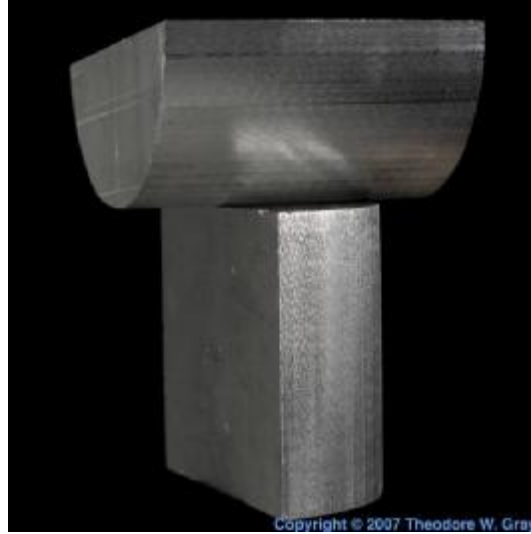
Elem	Természetes előfordulás	Előállítás
Bór	kernit, a bórax egy formája, ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )	redukció Mg-mal vagy $\text{H}_2$ -nel
Alumínium	bauxit, ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )	$\text{Al}_2\text{O}_3$ olvadékelektrolízise $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ -ban
Gallium	különböző ásványokban, nyomnyi mennyiségben	elektrolízis vagy redukció $\text{H}_2$ -nel
Indium	különböző ásványokban, nyomnyi mennyiségben	elektrolízis vagy redukció $\text{H}_2$ -nel
Tallium	különböző ásványokban, nyomnyi mennyiségben	elektrolízis

Felfedezésük: B: **1808** Sir Humphry Davy, J.L Gay-Lussac (név: Borax-carbon)  
Al: **1825** Hans Christian Oersted  
Ga. **1875** Paul Emile Lecoq de Boisbaudran  
In: **1863** Ferdinand Reich (név: indigó színű sáv a spektrumában)  
Tl: **1861** Sir William Crookes

# B, Al, Ga, In, Tl



bór



alumínium



indium



bór



gallium



tallium

# A 13. csoport elemeinek fizikai tulajdonságai

**2.3.2. táblázat.** A 13. csoport elemeinek fontosabb fizikai állandói

Elem	Ionizációs energia (kJ/mol)	Olvadáspont (°C)	Forráspont (°C)	Sűrűség (g/cm <sup>3</sup> )
Bór	798	2030	3700	2,47
Alumínium	581	660	2350	2,70
Gallium	577	30	2070	5,91
Indium	556	157	2050	7,29
Tallium	589	304	1460	11,87

**Felhasználásuk:** B: bórszálás kompozitok

Al: szerkezeti anyagok, ötvözetek, Al-dobozok

Ga: félvezetőgyártás

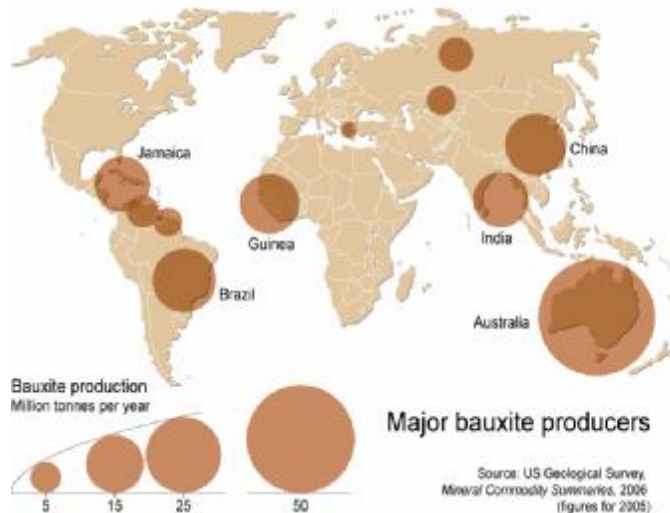
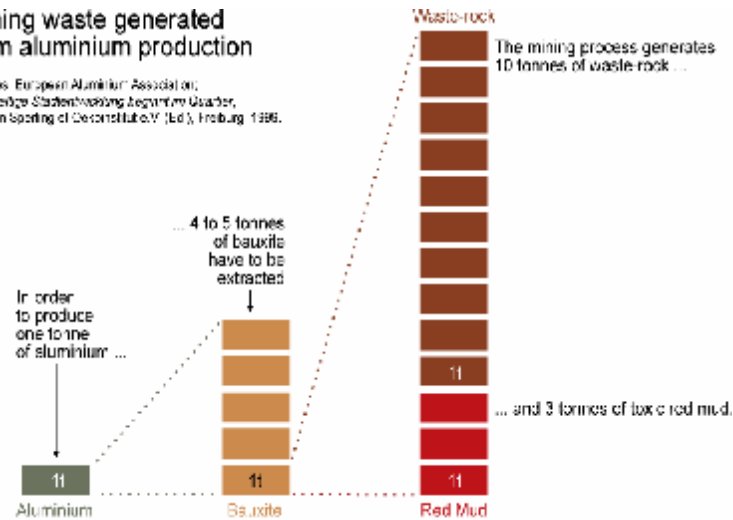
In: keménycsapágyak bevonata

Tl: mérgek, infravörös szenzorok

# Bauxitbányászat és alumíniumtermelés

## Mining waste generated from aluminium production

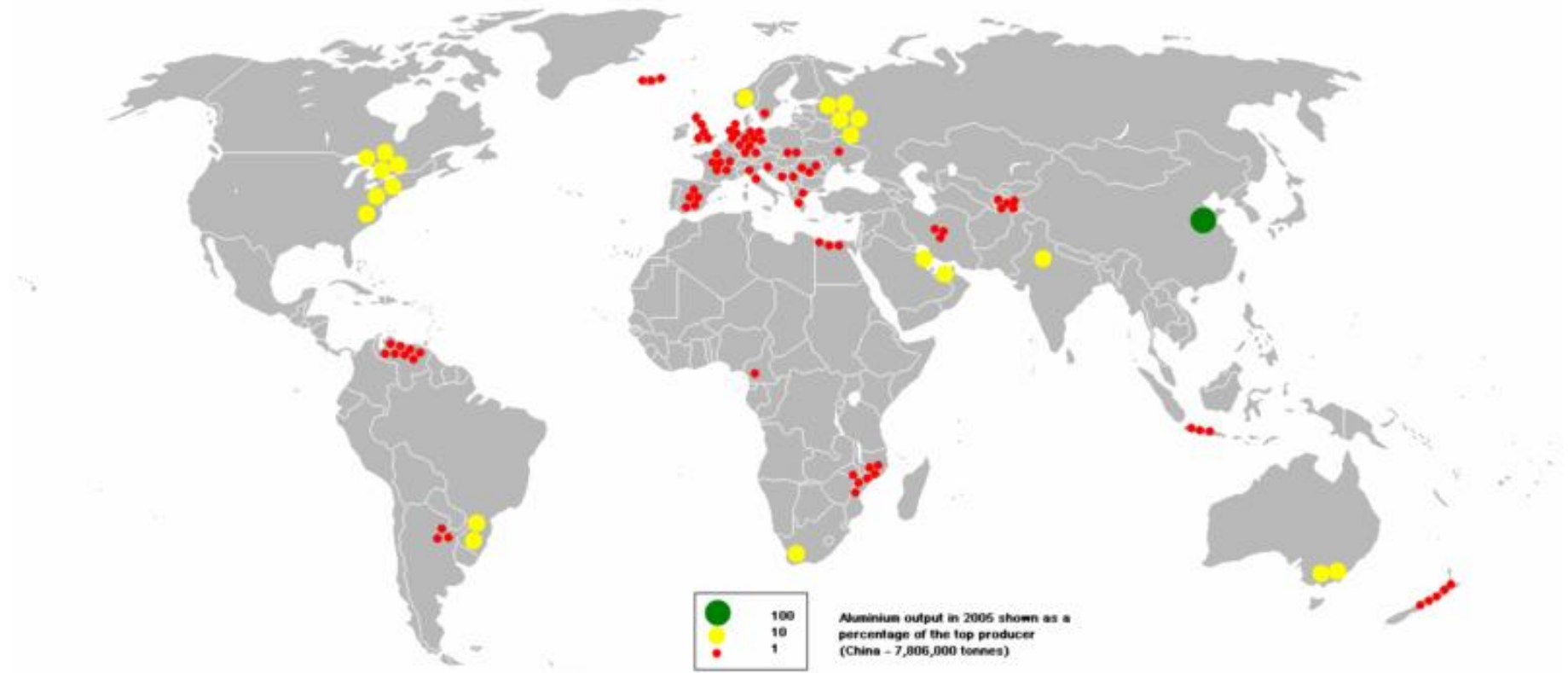
Sources: European Aluminium Association; Technologie-Strategie-Konferenz, Legnaro, Padova, Carbon Spiking of Geosynthetics (Ed.), Freiburg, 1996.



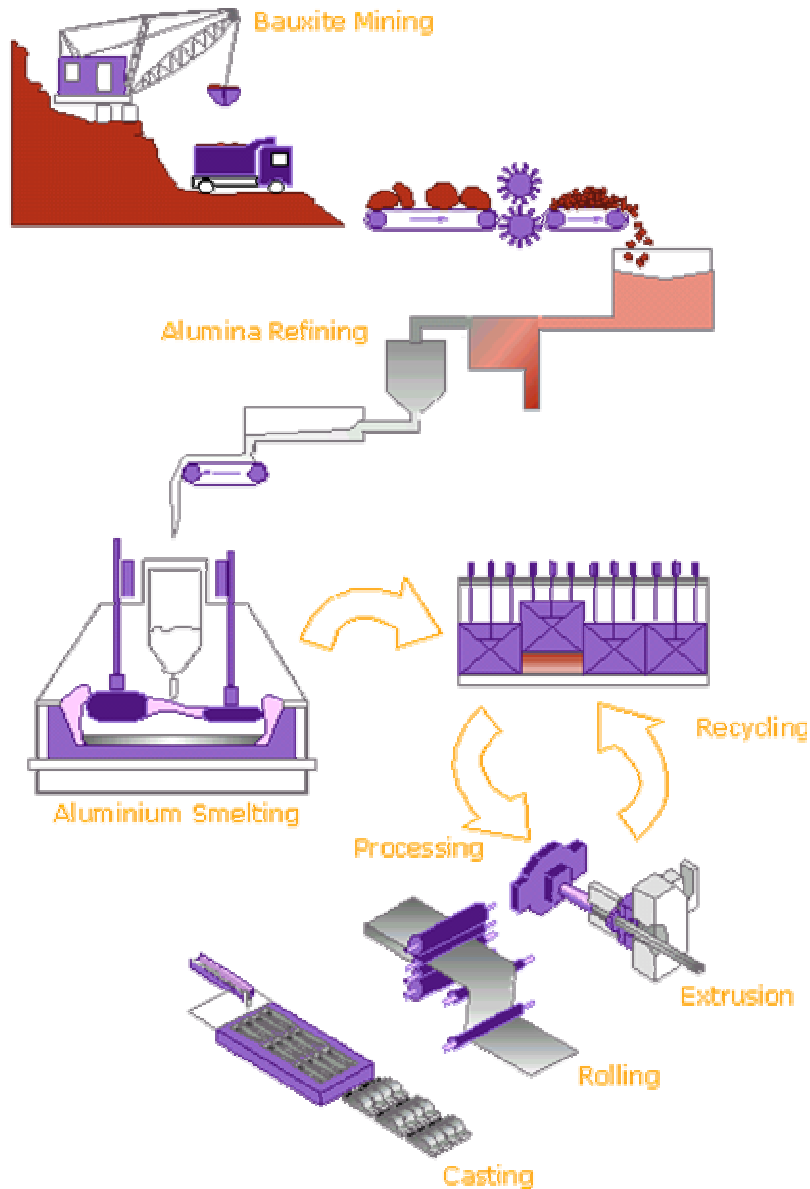
## A Világ Al termelése tonnában 2006-ban

Világ	33 410 000
1 People's Republic of China	5 896 000
2 Russia	4 102 000
3 United States	3 493 000
4 Canada	3 117 000
5 Australia	1 945 000
6 Brazil	1 674 000
7 Norway	1 384 000
8 India	1 183 000
9 Bahrain	872 000
10 United Arab Emirates	861 000
11 South Africa	855 000
12 Iceland	721 000
13 Germany	679 000
43 Magyarország	28 000

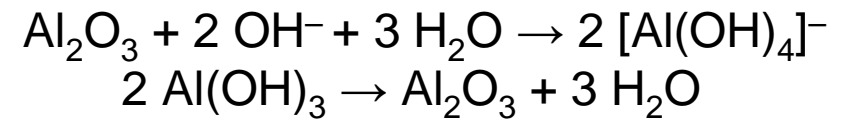
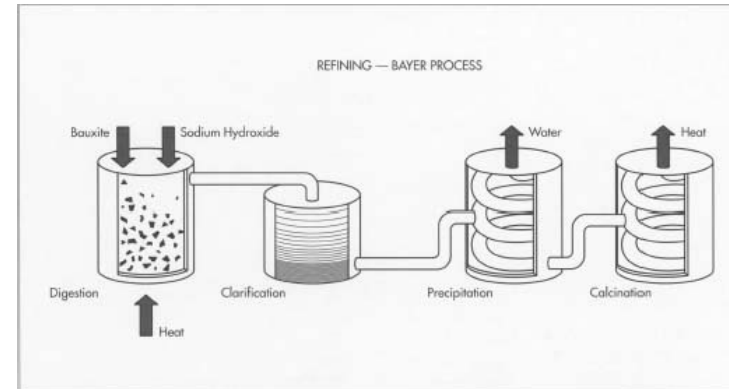
# A világ alumínium termelése



# Alumíniumgyártás

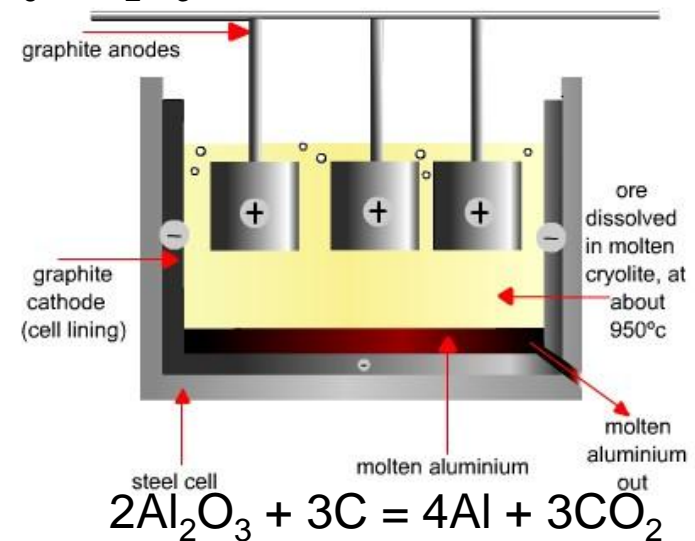


## 1. Bayer-féle finomítás

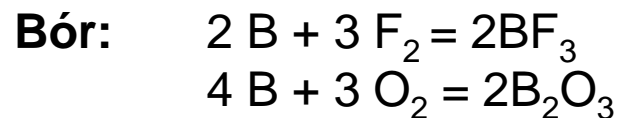


## 2. Hall-Heroult elektrolízis

$\text{Na}_3\text{AlF}_6 + \text{Al}_2\text{O}_3$  olvadékelektrolízise grafit katóddal



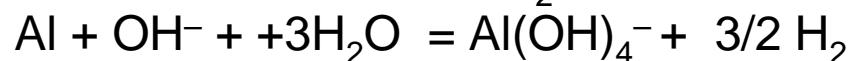
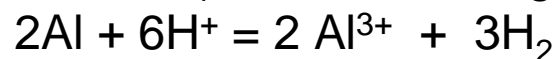
# A 13. csoport elemeinek reaktivitása



B + fém = fém-borid (magas hőmérsékleten)

nagyon kemény, magas op, kémiaailag inert anyagok  
pl. turinalapátok

**Alumínium:** amfoter (savakban és lúgban is oldódik)



levegőn spontán oxidálódik:  $2\text{Al} + 3/2 \text{ O}_2 = \text{Al}_2\text{O}_3$

$\text{Al}_2\text{O}_3$  szintén amfoter

halogénekkal hevesen reagál:  $\text{Al} + 3/2 \text{ X}_2 = \text{AlX}_3$

**Gallium:** Ga és  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  Al-hoz hasonlóan amfoter

**Indium:** In nem oldódik lúgban, oxidja is csak gyengén amfoter

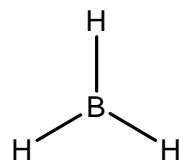
# A 13. csoport elemeinek főbb vegyületei

$B_xH_y$ : boránok – koordinatíván telítetlen, elektronhiányos vegyületek → változatos H-hidas szerkezetek (két elektronos három centrumos kötés)

$NaBH_4$ : nátrium-tetrahidrido-borát: erős redukálószer

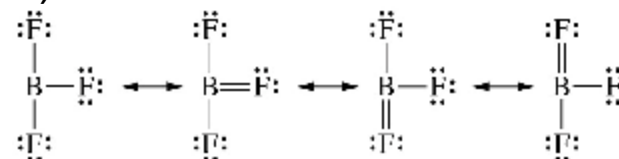
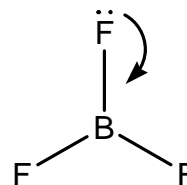
$BX_3$ : (X: halogén) bór-halogenidek

$BF_3$  és  $BCl_3$  (Lewis adduktok pl.  $NH_3$ -mal)

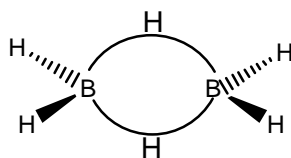


reaktív, öngyulladó

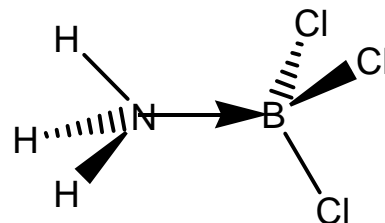
B-atom környezetében csak 6db (3 pár) elektron oktett szabály nem teljesül!



Három centrumos, két elektronos kötés



Három centrumos, két elektronos kötés



$NH_3$ , N magános elektronpárja „koordinálódik”: datív kötés

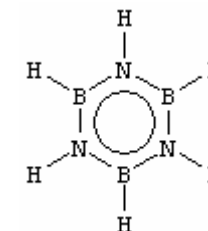
$B_2O_3$ : bór-oxid, B égetése során:  $4B(s) + 3O_2(g) = 2B_2O_3(s)$

$H_3BO_3$ : bórsav, savas hatás:  $B(OH)_3 + H_2O = B(OH)_4^- + H^+$   
tűzálló zománcok

$(BN)_x$ : bór-nitrid, fehér, gyémántonál is keményebb módosulata is létezik

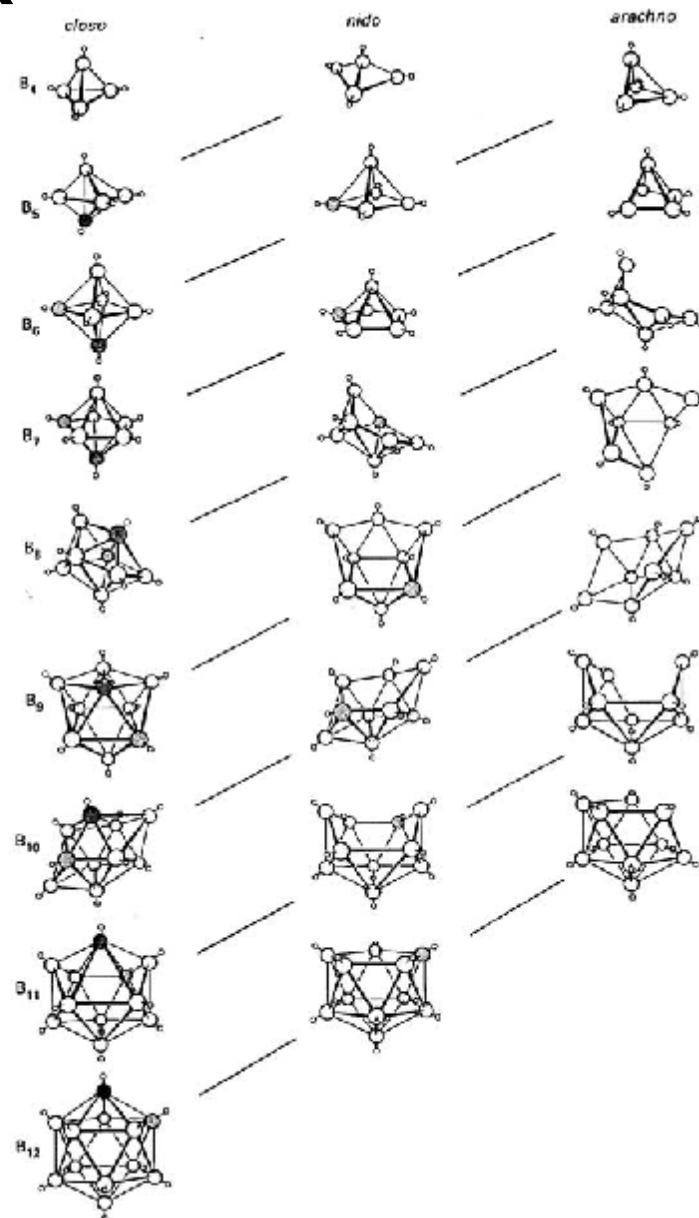
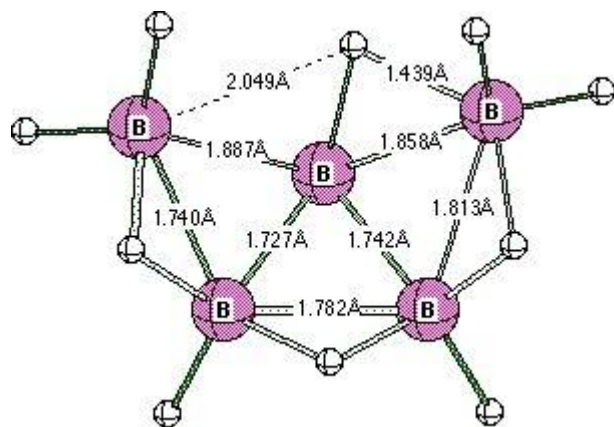
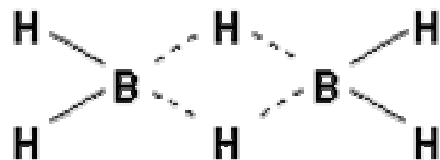
$B_{12}C_3$ : bór-karbid, kemény, csiszolóporként alkalmazzák

$B_3N_3H_6$ : borazin („szervetlen benzol”)





# Boránok



**11.11** Structural relations between closo, nido, and arachno boranes and heteratomic boranes. Diagonal lines connect species that have the same number of skeletal electrons. Hydrogen atoms beyond those in the B-H framework and charges have been omitted. The dark rimed atom is removed first, and the pale rimed atom is removed second. (Based on R. W. Rudolph, *Acc. Chem. Res.*, 9, 446 [1976].)

# A 13. csoport elemeinek főbb vegyületei

**AlH<sub>3</sub>**: elektronhiányos → Lewis adduktos dimerek, trimerek (H-híddal)

**Al(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>**: trimetil-alumínium: levegőn spontán kigyullad,  
felh.: szerves vegyipar Ziegler-Natta katalízis

**LiAlH<sub>4</sub>**: lítium-alumínium-hidrid: erős redukálószer

**AlX<sub>3</sub>**: AlF<sub>3</sub>: fehér, vízben oldhatatlan

AlCl<sub>3</sub>: fehér, vízben hidrolizál:  $\text{AlCl}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl}$   
iparban katalizátor

**KAl(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·12H<sub>2</sub>O**: timsó: kozmetikaipar, bőrcserzés

**AlP**: alumínium-foszfid: rovarirtó, félvezető

hidrolizál:  $\text{AlP} + 3\text{H}_2\text{O} = \text{Al}(\text{OH})_3 + \text{PH}_3$  (robbanás Miskolcon)

**Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**: alumínium edényeken bevonat (eloxálás), kromatográfiás töltet

**α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**: korund: kemény → csiszolópor

előállítás Al(OH)<sub>3</sub> gél dehidratálásával

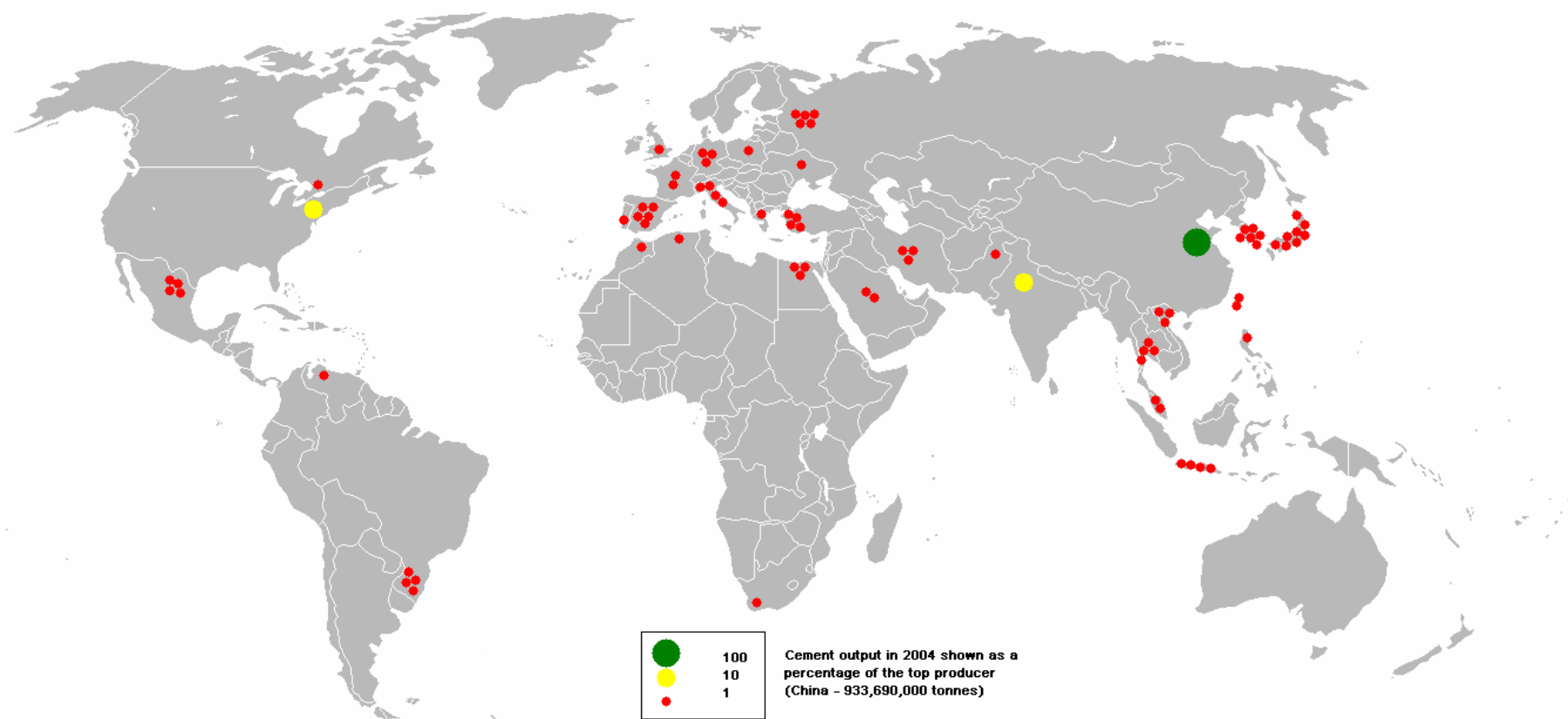
**Cement**: CaCO<sub>3</sub> + alumínium-szilikátok(márga) + SiO<sub>2</sub>(kvarchomok) őrlés, kiégetés  
70% CaO, 20% SiO<sub>2</sub>, 5% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (+ kevés egyéb oxidok)

*Portland cement*: 3CaO·SiO<sub>2</sub>, 2CaO·SiO<sub>2</sub>, 3CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 4CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

*Kötés*:  $2(3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2) + 6\text{H}_2\text{O} = 3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{Ca}(\text{OH})_2$

$2(2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2) + 4\text{H}_2\text{O} = 3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O} + \text{Ca}(\text{OH})_2$

# Cementgyártás (2004)



Magyarországon: Lábatlan, Nyergesújfalu, BÉlapátfalva, Selyp, Újlak, Beremend, ...