

Průmyslové suroviny a jejich zdroje

Konstrukční
suroviny, Fe a
slitiny, Mn, Cr, Al, ...

Rozložník: Ložiska ner...

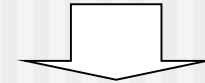
Vaněček: Ner. suroviny světa

Kessler – Simon (2015): Mineral resources, economics and
the environment

Konstrukční suroviny a jejich hlavní průmyslové zdroje

- Fe (+steel)
- Mn
- Ni
- Cr
- silicon
(ferrosilicon)
- Co, Mo, V, W, Nb,
Te

Těžba těchto surovin vytváří významný ekonomický prostor – zpracování, navazující výroba, ...



- Vlastní metalurgický průmysl spotřebovává další např. nerudní suroviny: slévárenské písky, jíly

Fe

- použití: slitiny, konstrukční materiály
- ekonomika: zásoby značné, cena: obchoduje se hlavně se zušlechtěným materiálem - speciální slitiny a ocel
- distribuce ložisek relativně rovnoměrná!

Ložiska Fe a jejich zdroje



N4E
Serra dos
Carajás
Para
North
Brazil

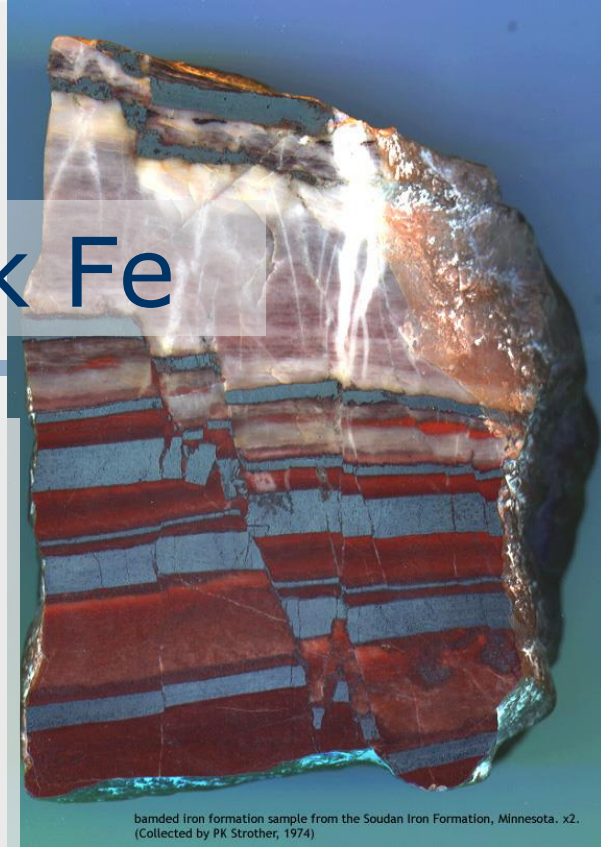
The jewel in the crown

Open pit at
deposit of
BIF

Genetické typy ložisek Fe

Genetické typy:

1. Proterozoické metamorfogenní Fe-silicity („kvarcity“, včetně itabiritů, taconitů) - BIF, stáří: str. archaikum 3,5 - 2,9/sp. proterozoikum 2,5 - 1,9/svrch. proterozoikum 0,75 - 0,5
hlavní producenti: Rusko/Ukrajina, Brazílie, Austrálie, Čína, USA, Indie, Kanada, zásoby: 500×10^9 t rudy s kovatostí Fe $>50\text{hm}\%$
2. Sedimentární Fe rudy, oolitické (oxidické, karbonátové, leptochloritové)
3. Magmatické Fe- rudy Fe-Ti (16 - 25% Fe, mají důležitý obsah V, Pt)
4. Skarnové Fe-rudy
5. Fe-rudy typu Lahn-Dill (submarinně exhalační)
6. Hydrotermální - Roxby Downs (Olympic Dam)



banded iron formation sample from the Soudan Iron Formation, Minnesota. x2.
(Collected by PK Strother, 1974)

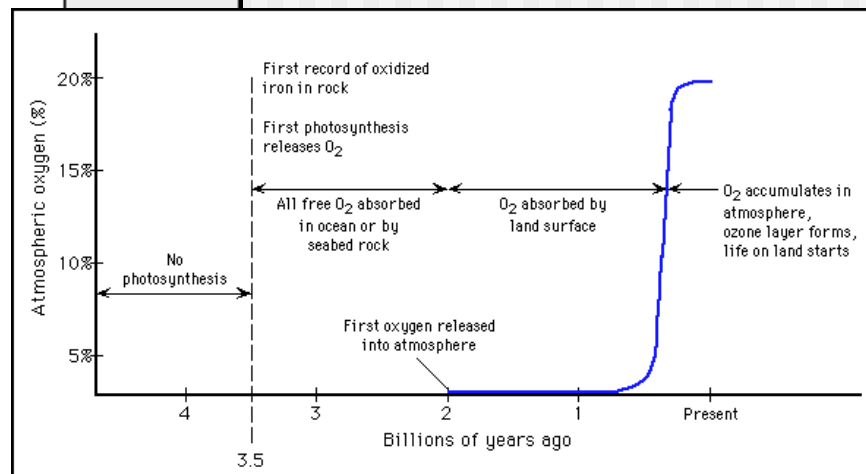
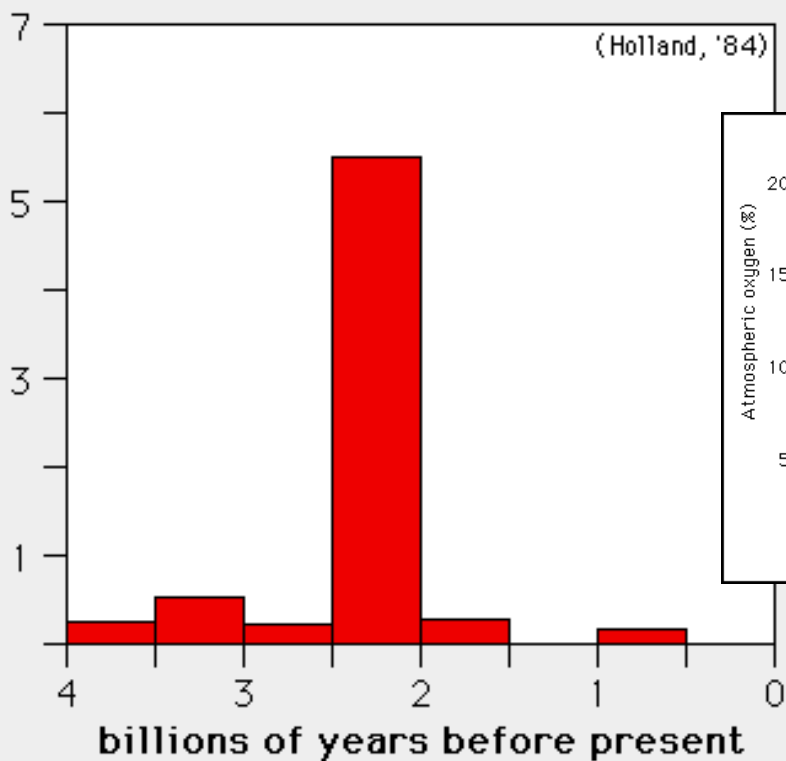
Polished sample of BIF ore

Jiné typy, historické zdroje Fe
např.:
limonitové rudy ze zvětrávacích
zón

Banded Iron Formations (very low O₂ in atm)

BIF

10¹⁴ Tons of banded iron formations



Very Large Fe Deposits

<u>Continent</u>	<u>Area</u>	<u>Age (10⁶_yrs)</u>
Africa	Transvaal, S.A.	2100-2600
Australia	Hamersley Range	2400-2700
Eurasia	Krivoi Rog, Ukraine	1900-2600
North America	Labrador Trough, Canada	1900-2500
South America	Minas Gerais, Brazil	2000-2700

Geneze BIF

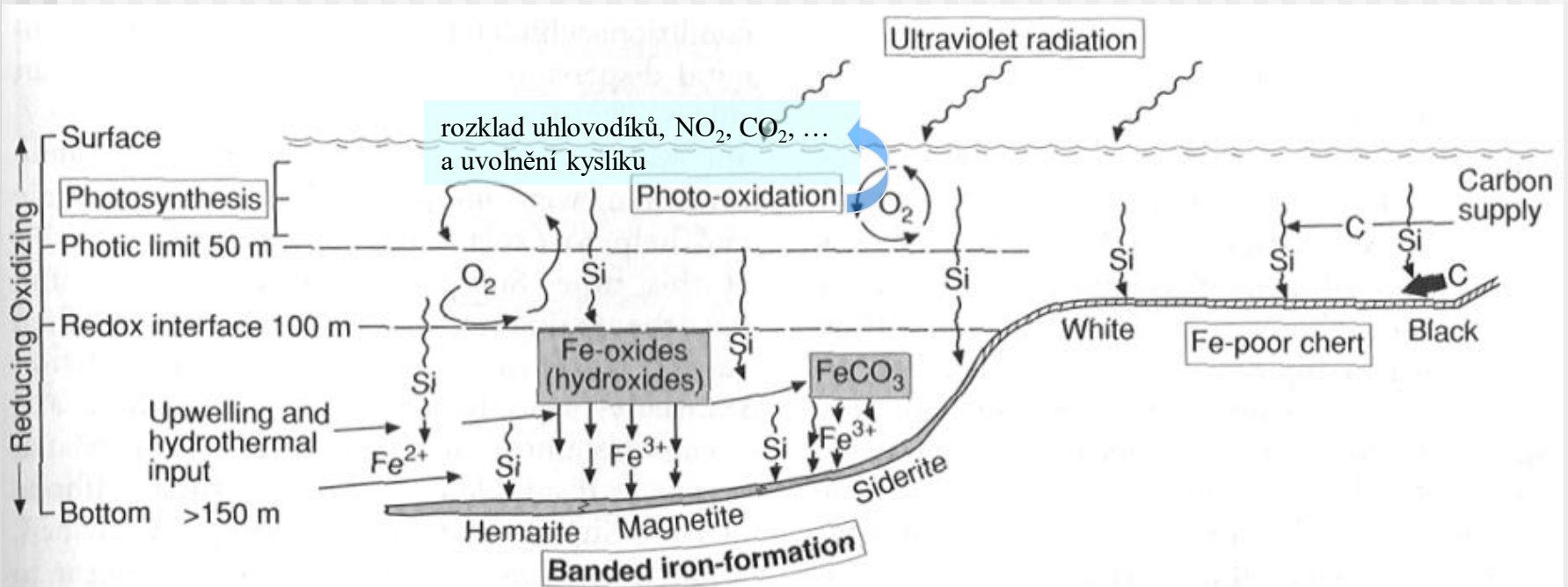
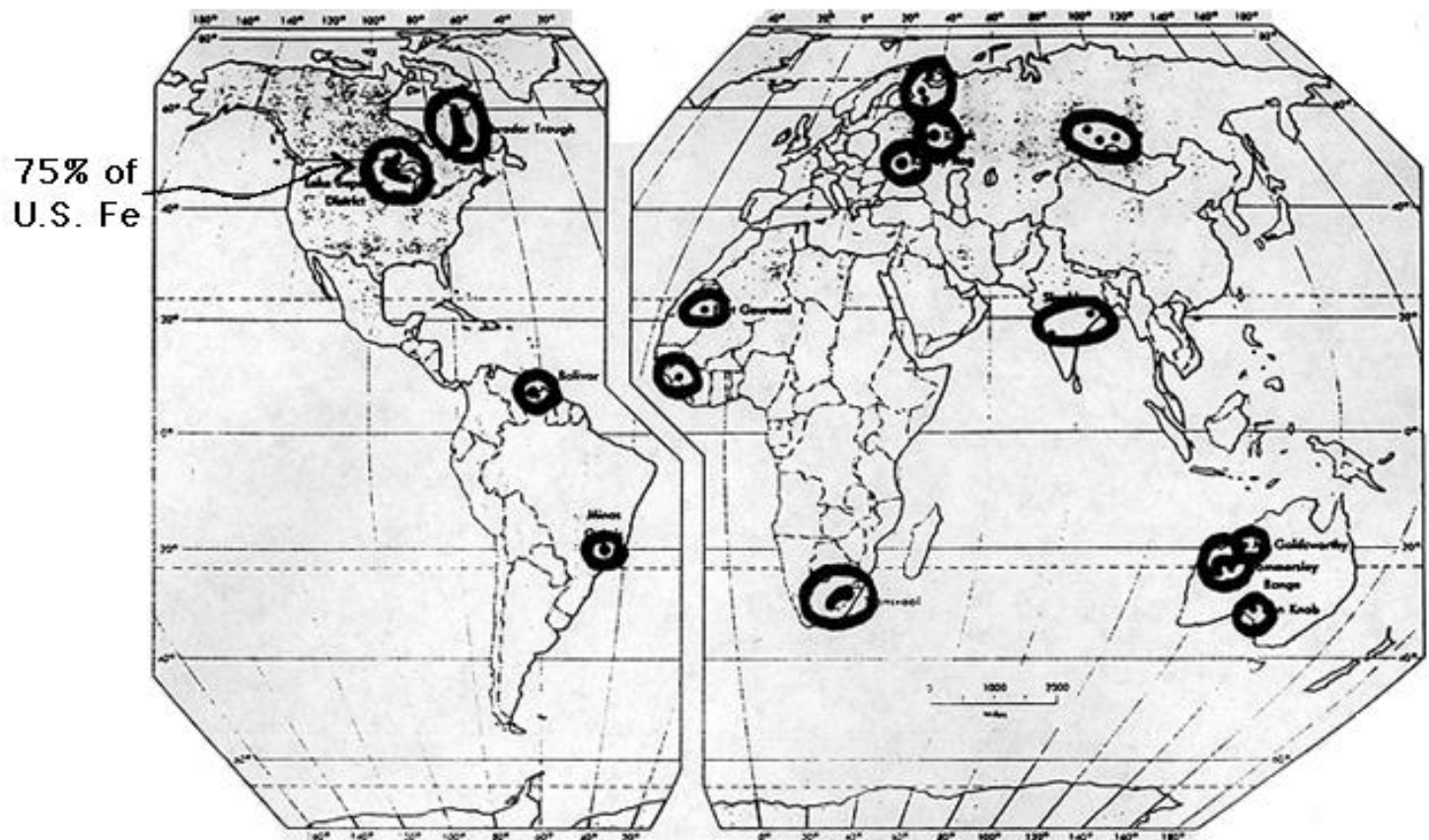


Figure 5.18 Model invoking upwelling and oxidation of ferrous iron from an oceanic source to explain the depositional environment for BIFs. Oxidation of ferrous iron and precipitation of ferric iron compounds occurs at a diffuse redox interface formed by the production of oxygen in the upper water levels, either by photosynthesizing organisms or by ultraviolet radiation induced photo-oxidation, or both. The lateral zonation of BIF facies (i.e. siderite–magnetite–hematite) shown here differs from the simple scheme envisaged by James (1954). Diagram modified after Klein and Beukes (1993).

Rozšíření BIF

Precambrian Banded Iron Formations



Location of the major Precambrian banded iron formations of the Lake Superior type. These ores assure abundant iron resources for centuries ahead.

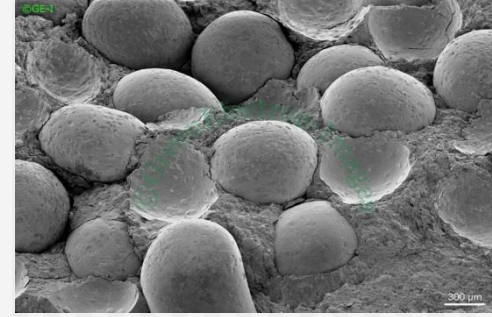
Sedimentární Fe-ruda

oolitická struktura,
ruda obsahuje
silikáty☹

The iron deposits of
the Northampton
district, UK, Jura:
ore minerals:
chamosite, siderite,
goethite, grade of ore
cca 32% Fe

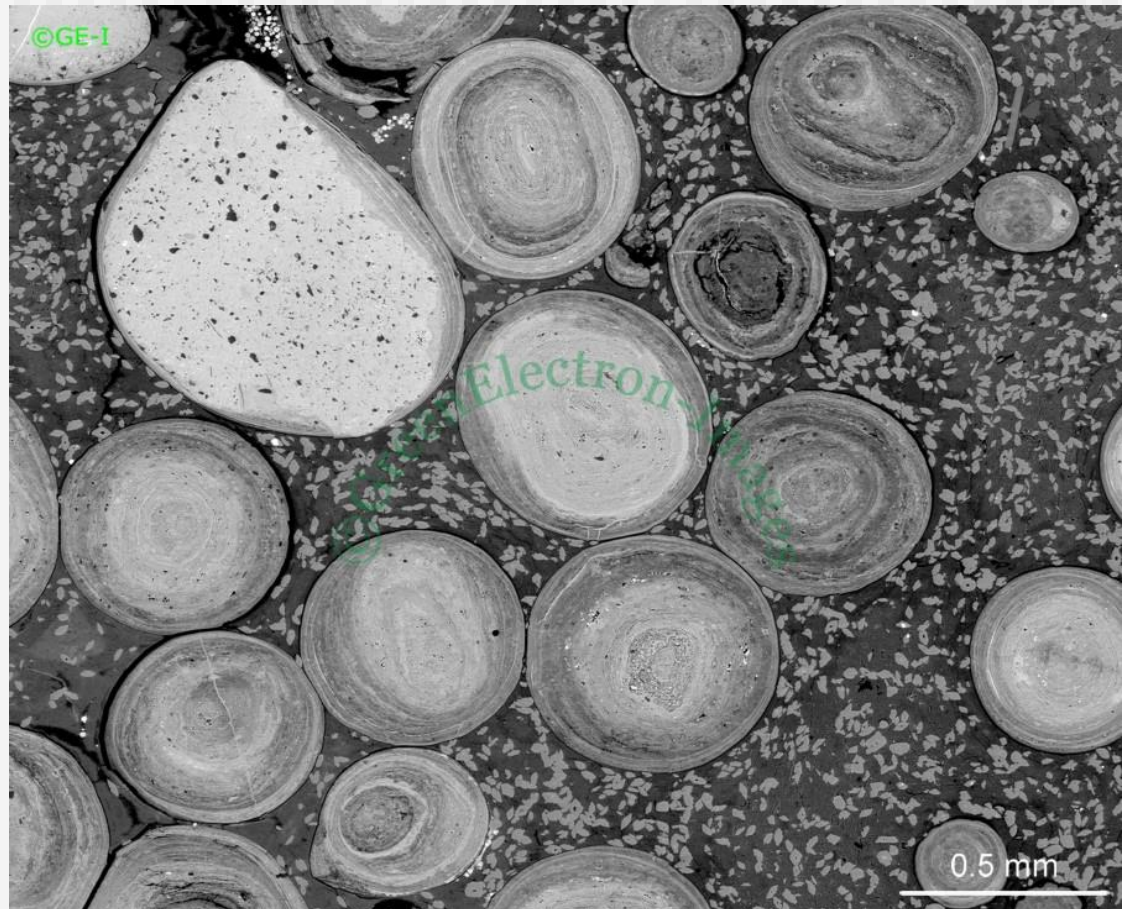


Oolitická Fe-ruda



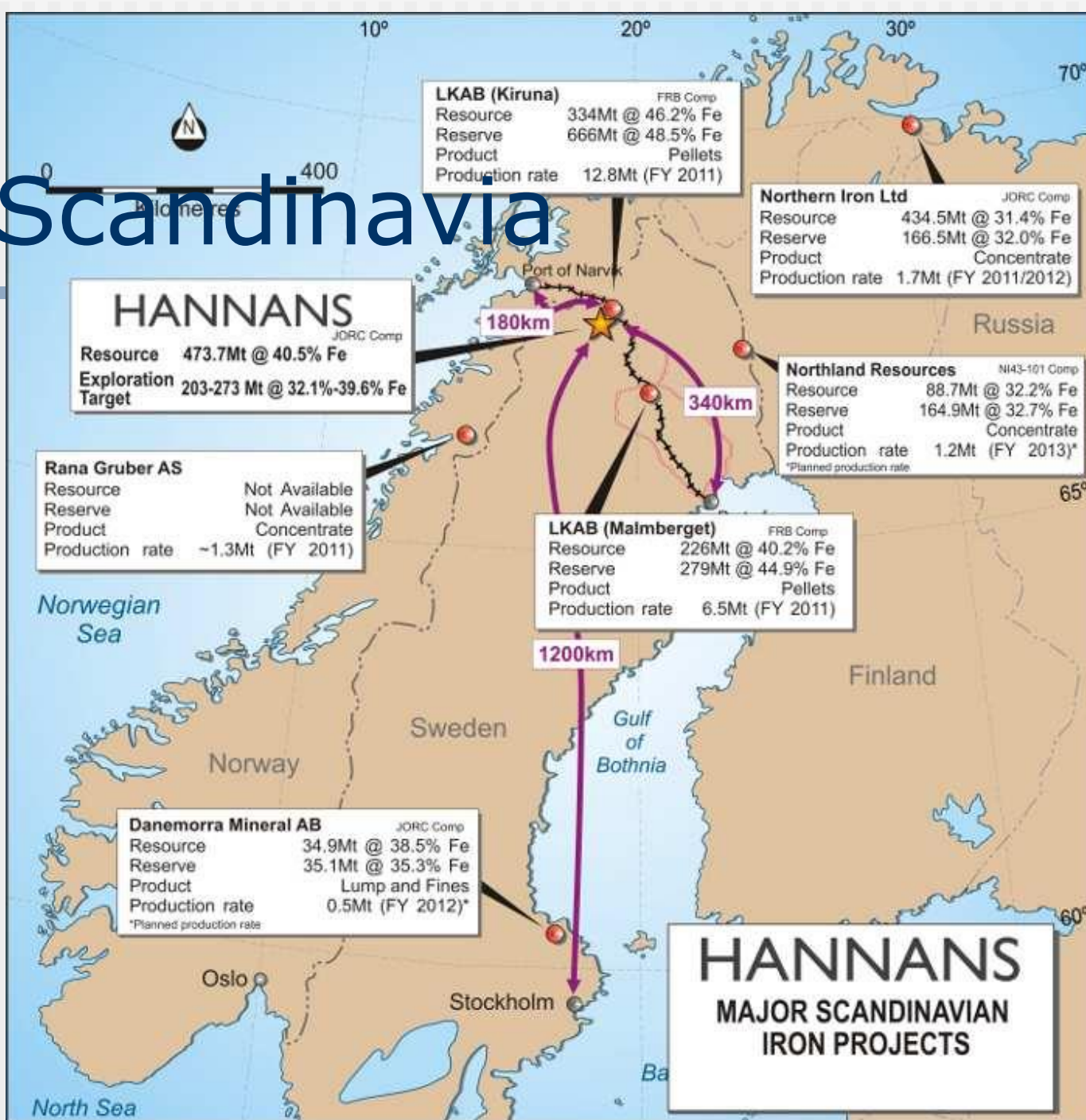
In thin sections of this rock detail is obscured by the very fine grained nature of the matrix and fill of the oolites, much of which is opaque. Compositionally dependent imaging (BSE) of polished material overcomes this problem. The concentric nature of the oolites is highlighted by the variation in grey level caused by the variability of the iron content of the clays and differing proportions of hydrated iron oxides which here show up light grey. The dark grey chamositic matrix is crowded with rhombs of authigenic calcic siderite. Note the presence of tiny spheres of framboidal pyrite top left.

CamScan 4 SEM. Backscattered electron image. Beam 20kV. Working distance 20 mm. Field of view approx. 3 x 2 mm. This image is a stitch of a 3x4 array of images taken at x100. Polished block, carbon coated. Leeds University, Earth Sciences teaching collection rock #30.



Oolitic Ironstone, Lower Cretaceous, Lincolnshire, U.K.

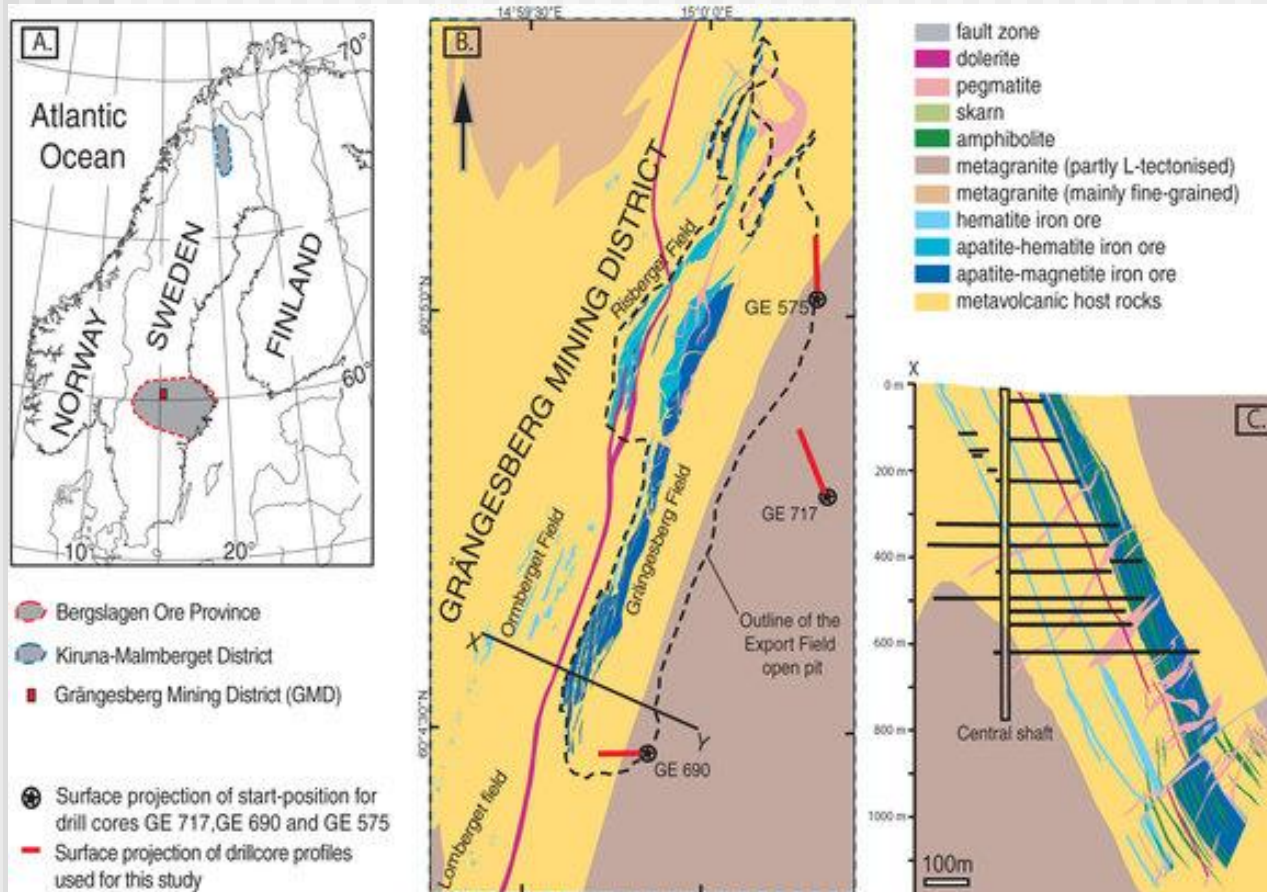
Fe - Scandinavia



Fe districts

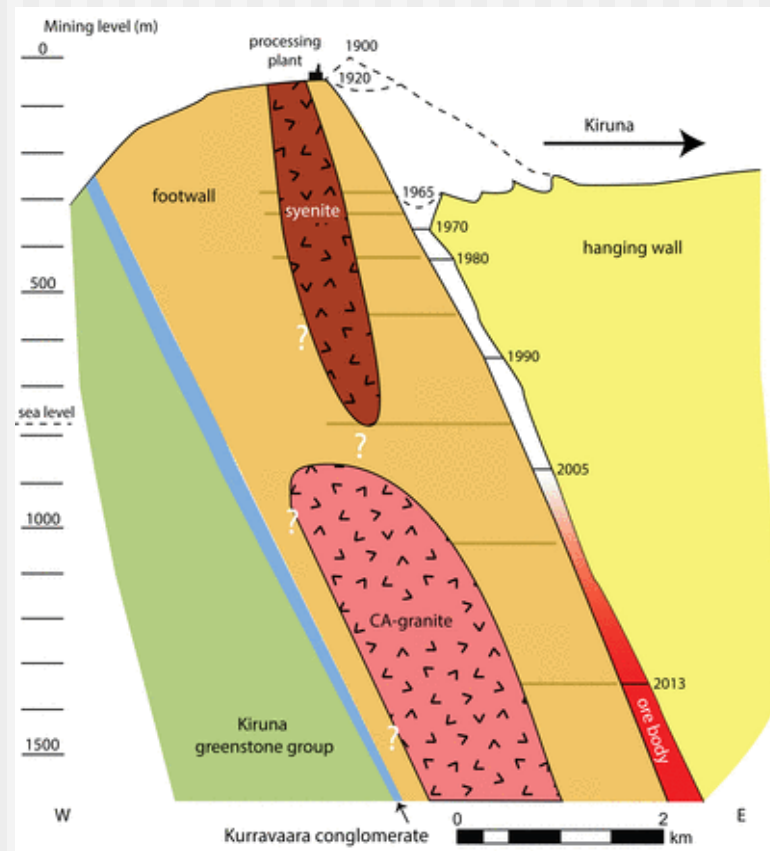
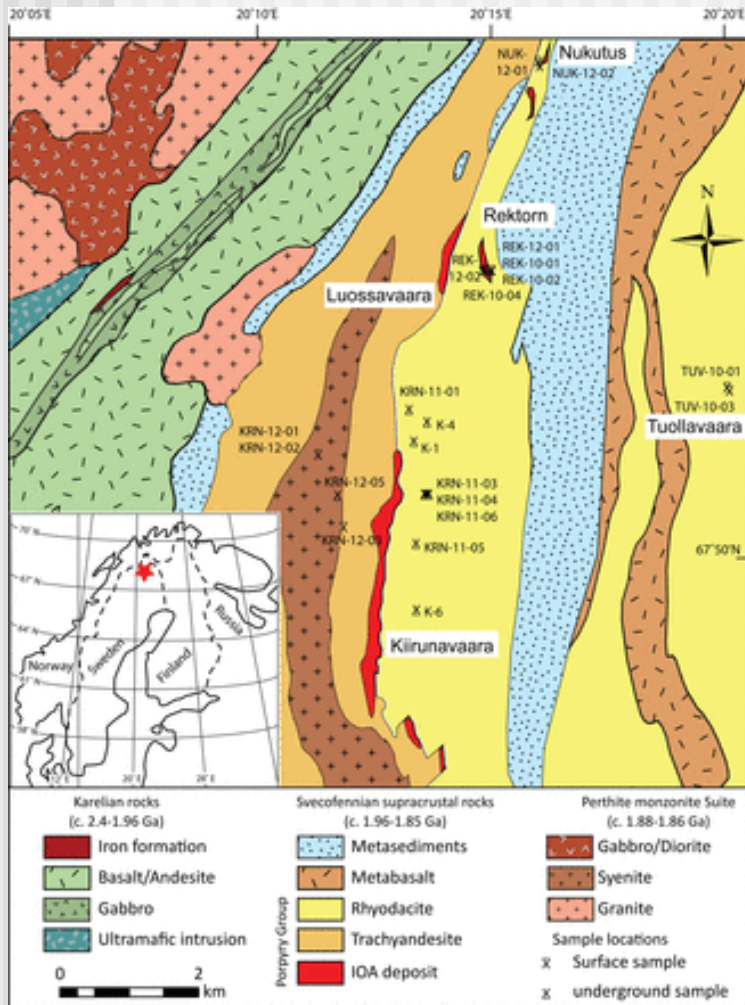


Kiruna, Švédsko, těžba Fe-rud, magmatický typ



Grängesberg mining district

Kiruna – apatite-Fe ore



magmatic origin, „magma-related“ ore deposit: magnetite, hematite

Kiruna - specifikace

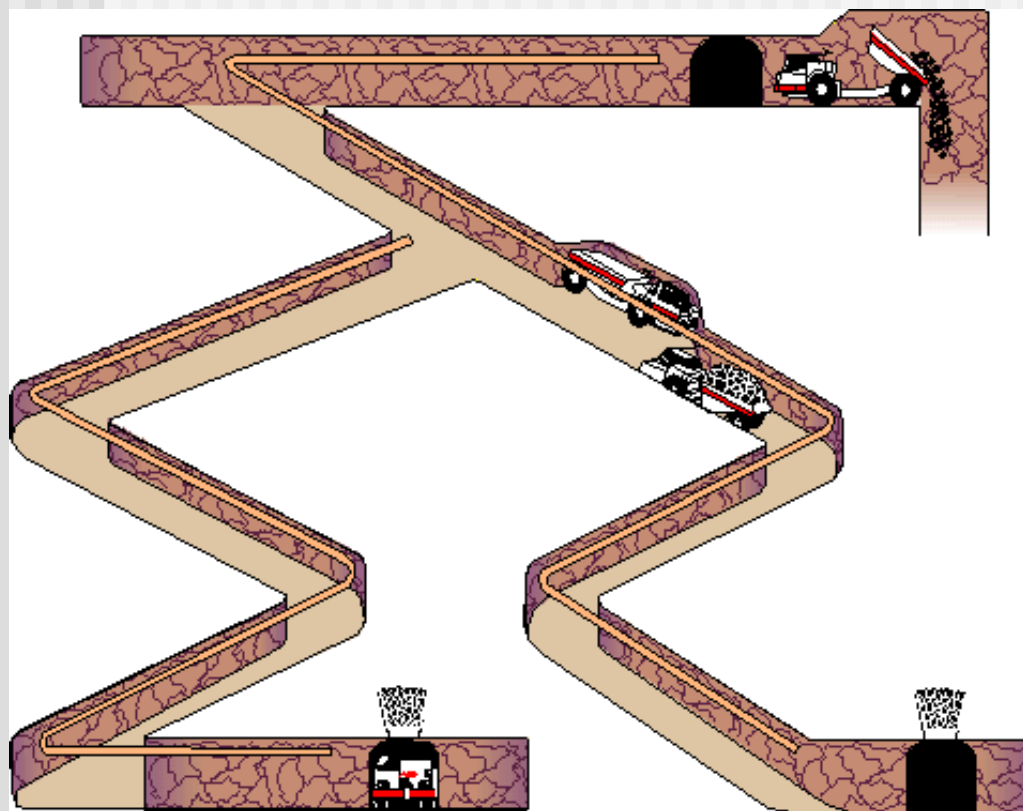
Kiruna Iron Ore Mine, Sweden

Producer of	Iron ore
Location	Northern Sweden
Ownership	LKAB
Geology type	Precambrian apatite-bearing iron ores
Mineral type	Magnetite
Reserve base	800Mt plus projected extensions
Annual production	14.5Mt of iron-ore products (2004)
Mining method	Automated sub-level caving underground
Processing method	Wet beneficiation and pelletising
Employment	1,800

Magmatic origin of giant 'Kiruna-type' apatite-iron-oxide ores in Central Sweden
Erik Jonsson, Valentin R. Troll, Karin Högdahl, Chris Harris, Franz Weis, Katarina P. Nilsson & Alasdair Skelton

Iron is the most important metal for modern industry and Sweden is by far the largest iron-producer in Europe, yet the genesis of Sweden's main iron-source, the 'Kiruna-type' apatite-iron-oxide ores, remains enigmatic. We show that magnetites from the largest central Swedish 'Kiruna-type' deposit at Grängesberg have $\delta^{18}\text{O}$ values between -0.4 and $+3.7\%$, while the 1.90–1.88 Ga meta-volcanic host rocks have $\delta^{18}\text{O}$ values between $+4.9$ and $+9\%$. Over 90% of the magnetite data are consistent with direct precipitation from intermediate to felsic magmas or magmatic fluids at high-temperature ($\delta^{18}\text{O}_{\text{mgt}} > +0.9\%$, i.e. ortho-magmatic). A smaller group of magnetites ($\delta^{18}\text{O}_{\text{mgt}} \leq +0.9\%$), in turn, equilibrated with high- $\delta^{18}\text{O}$, likely meteoric, hydrothermal fluids at low temperatures. The central Swedish 'Kiruna-type' ores thus formed dominantly through magmatic iron-oxide precipitation within a larger volcanic superstructure, while local hydrothermal activity resulted from low-temperature fluid circulation in the shallower parts of this system.

Kiruna - doprava



elektrifikovaná doprava, aj. moderní vybavení

Mn

použití, funkce:

odstraňování nečistot z roztaveného železa, v uhlíkatých ocelích, feromangan, slitiny a nerezavějící ocel, s Al má antikorozivní efekt a s Cu pevnost, dioxidy Mn pro baterie

typy ložisek:

- laterity
- sedimentární
- chemogenní sedimentární - Fe-Mn konkrece,

Mn – laterite

Australia, Brazil, Gabon and South Africa, supplying over 90% of the international market.



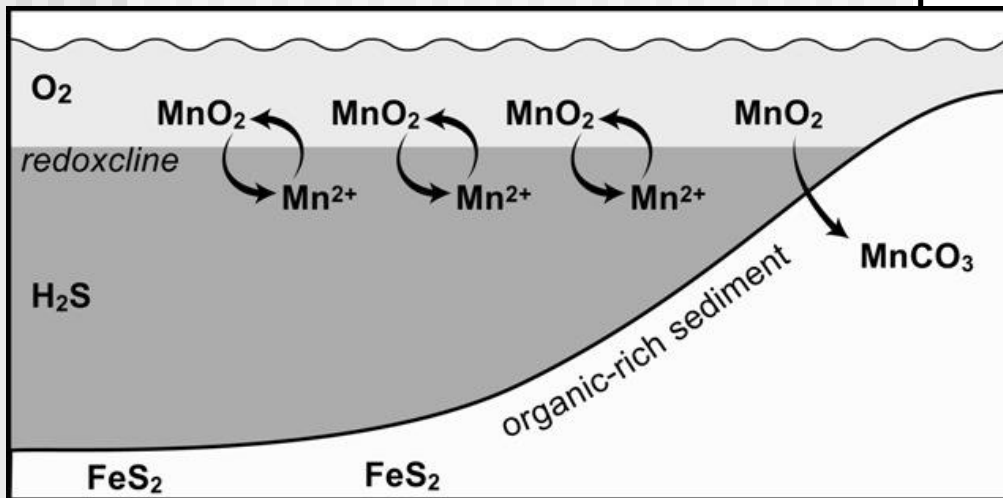
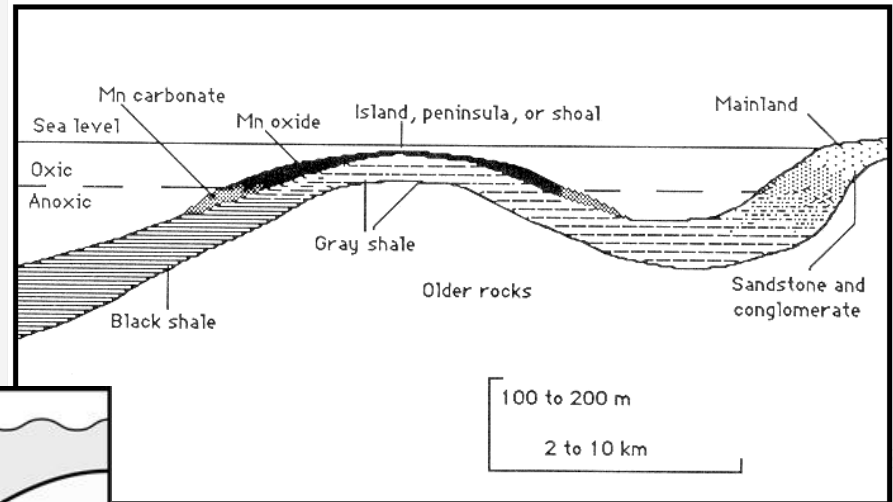
high grade ores (defined as having more than 44% Mn content)

minerály:

pyrolusit $\beta\text{-MnO}_2$

Mn – sedimentary ore

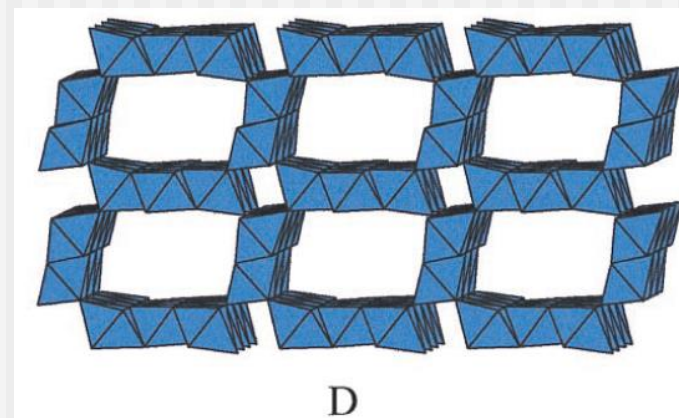
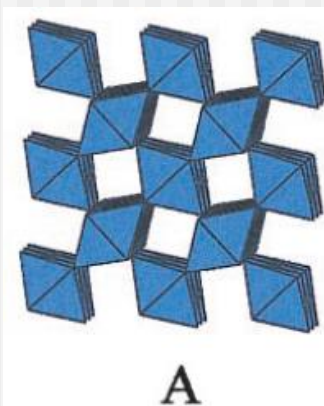
relation of sedimentary facies to sedimentary Mn deposits (Nikopol, Ukraine)



Minerály Mn a struktury

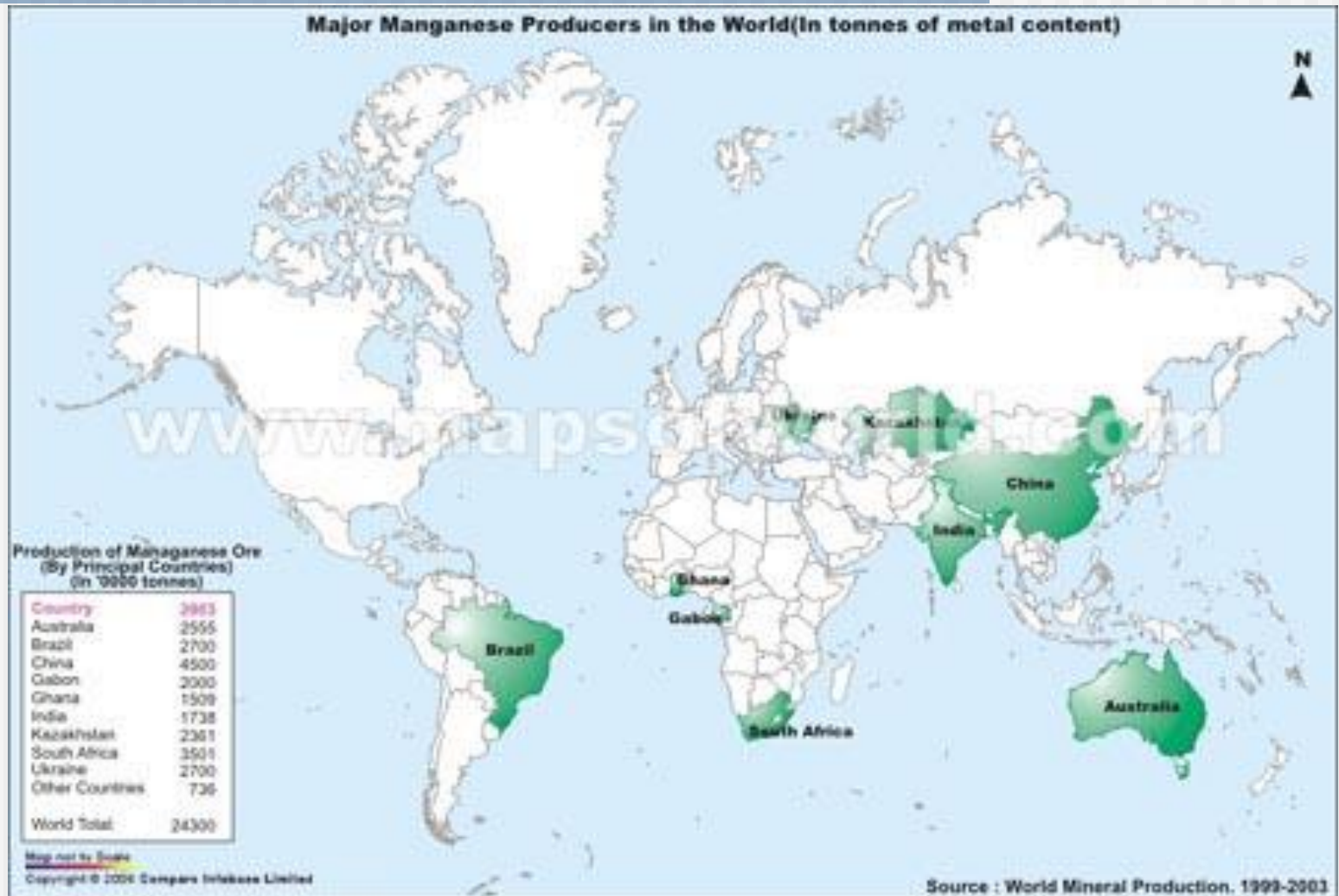
Table 1. Important Mn oxide minerals

Mineral	Chemical formula
Pyrolusite	MnO_2
Ramsdellite	MnO_2
Nsutite	$\text{Mn}(\text{O},\text{OH})_2$
Hollandite	$\text{Ba}_x(\text{Mn}^{4+},\text{Mn}^{3+})_8\text{O}_{16}$
Cryptomelane	$\text{K}_x(\text{Mn}^{4+},\text{Mn}^{3+})_8\text{O}_{16}$
Manjiroite	$\text{Na}_x(\text{Mn}^{4+},\text{Mn}^{3+})_8\text{O}_{16}$
Coronadite	$\text{Pb}_x(\text{Mn}^{4+},\text{Mn}^{3+})_8\text{O}_{16}$
Romanechite	$\text{Ba}_{.66}(\text{Mn}^{4+},\text{Mn}^{3+})_5\text{O}_{10} \cdot 1.34\text{H}_2\text{O}$
Todorokite	$(\text{Ca},\text{Na},\text{K})_x(\text{Mn}^{4+},\text{Mn}^{3+})_6\text{O}_{12} \cdot 3.5\text{H}_2\text{O}$
Lithiophorite	$\text{LiAl}_2(\text{Mn}_2^{4+}\text{Mn}^{3+})\text{O}_6(\text{OH})_6$
Chalcophanite	$\text{ZnMn}_3\text{O}_7 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
Birnessite	$(\text{Na},\text{Ca})\text{Mn}_7\text{O}_{14} \cdot 2.8\text{H}_2\text{O}$
Vernadite	$\text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
Manganite	MnOOH
Groutite	MnOOH
Feitknechtite	MnOOH
Hausmannite	$\text{Mn}^{2+}\text{Mn}_2^{3+}\text{O}_4$
Bixbyite	Mn_2O_3
Pyrochroite	$\text{Mn}(\text{OH})_2$
Manganosite	MnO



... a další.

Mn - distribute



Mn - zásoby

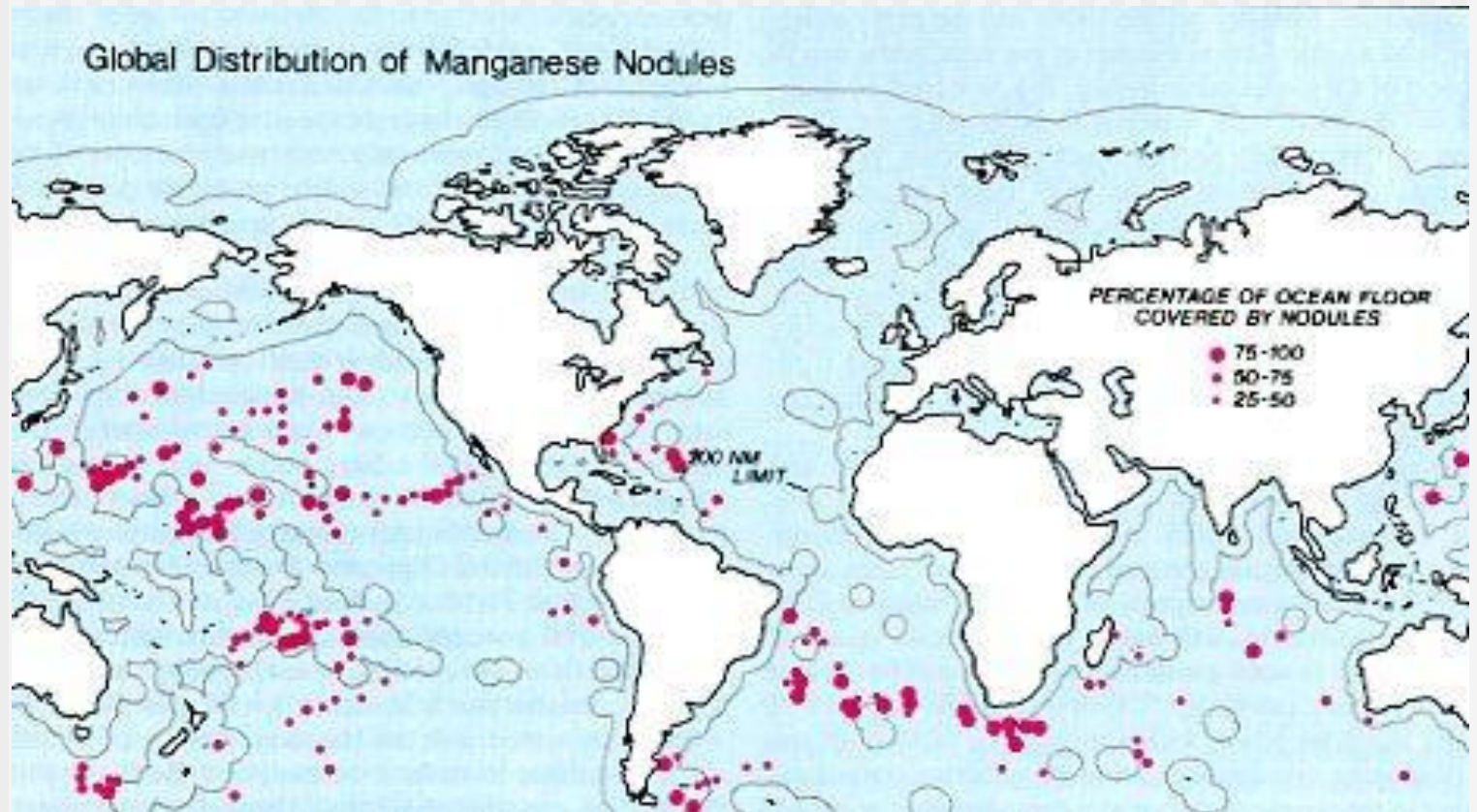
Global manganese resources distribution (metal content; unit: thousand metric tons)		
Country	reserves	rank
Australia	97000	3
Brazil	54000	4
China	44000	6
Gabon	24000	7
India	49000	5
Kazakhstan	5000	8
Mexico	5000	8
South Africa	150000	1
Ukraine	140000	2
Other countries	small	
World total(rounded)	570000	

USGS 2014

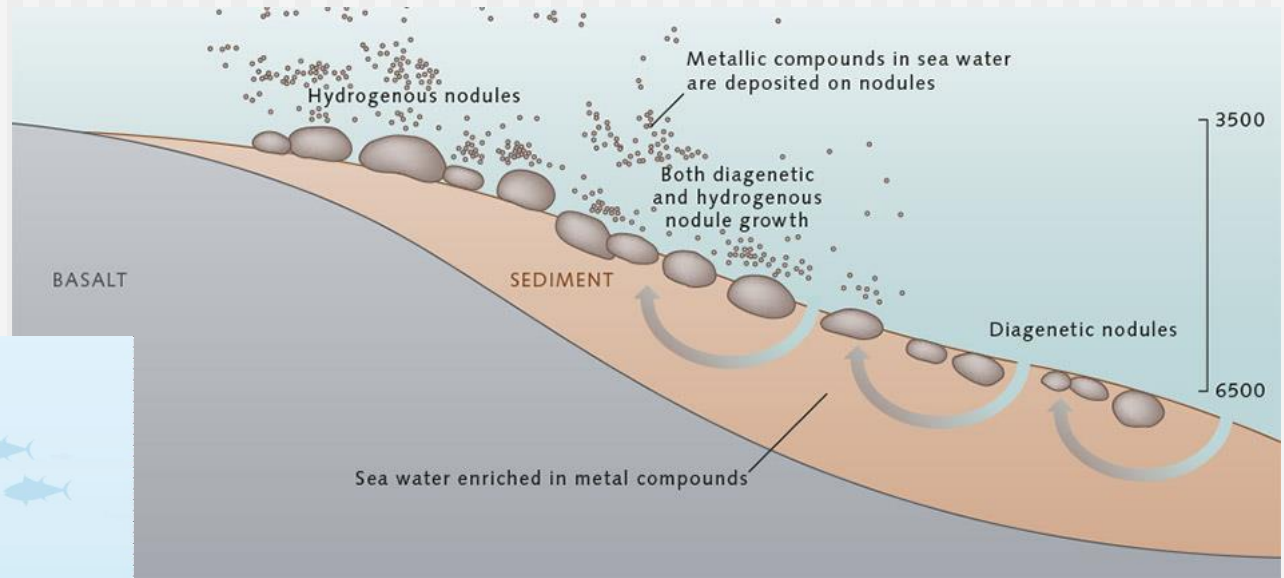
Mn – produkce 2015

Rank	Country/Region	Mine production (tonnes)
	World	18,500,000
1	South Africa	6,200,000
2	Australia	3,000,000
3	China	2,900,000
4	Gabon	1,800,000
5	Brazil	1,000,000
6	India	950,000
7	Malaysia	400,000
8	Ukraine	390,000
9	Kazakhstan	390,000
10	Ghana	390,000
11	Mexico	240,000
12	Myanmar	100,000
	Other Countries	400,000

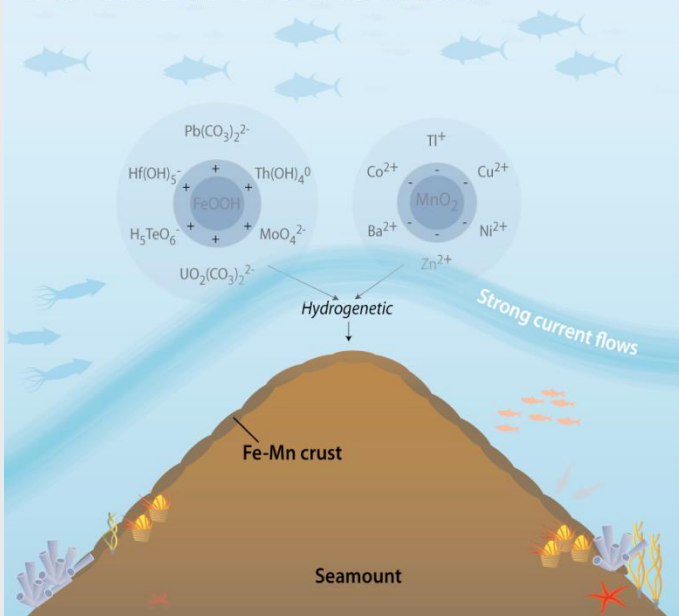
Fe-Mn nodules



Genetic types of nodules

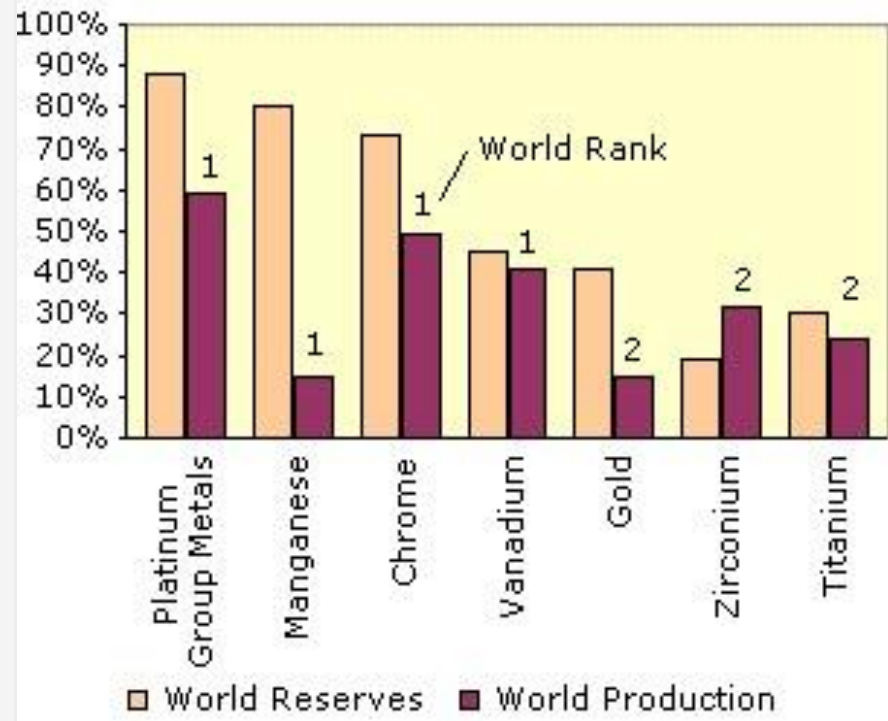


Formation of Fe-Mn crusts



Manganese nodules grow when metal compounds dissolved in the water column (hydrogenous growth) or in water contained in the sediments (diagenetic growth) are deposited around a nucleus. Most nodules are a product of both diagenetic and hydrogenous growth.

Jižní Afrika – zásoby a produkce surovin



Ni

slitiny – antikorozivní vlastnosti, pevnost za vys. teplot (nerezavějící žáruvzdorné oceli), magnetické slitiny, odporové slitiny (chromnikl), termočláňkové materiály

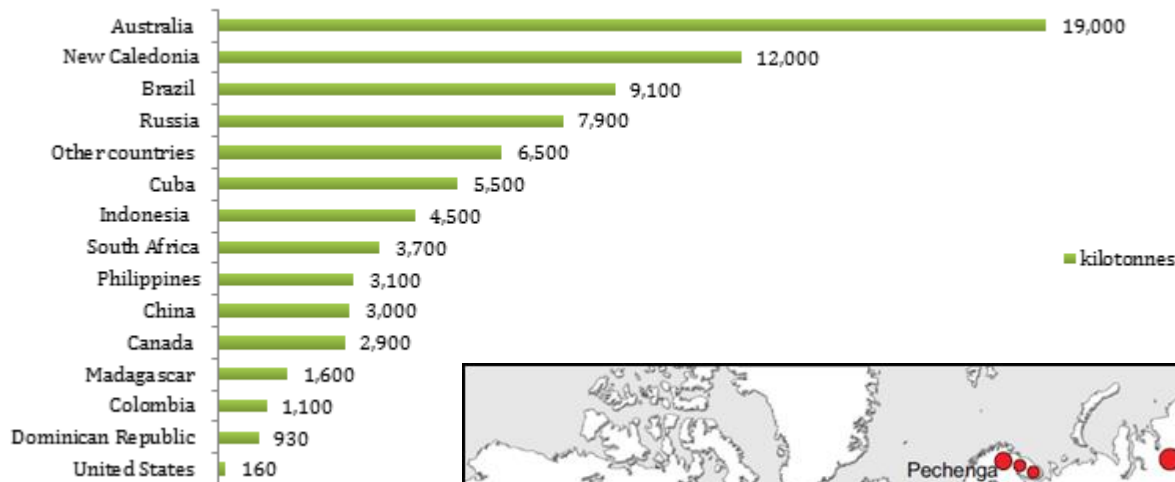
magmatická likvační Cu-Ni (Subury, 0,5% Ni, 9% Cu), Norilsk, Great Dyke (Zimbabwe), Bushveld, Kambalda, (pentlandit)

laterity: Nová Kaledonie (3,5 % Ni, 2% Co), Austrálie (Kalgoorlie district), Kuba, Albánie, (hydroalumosilikáty – garnierit)

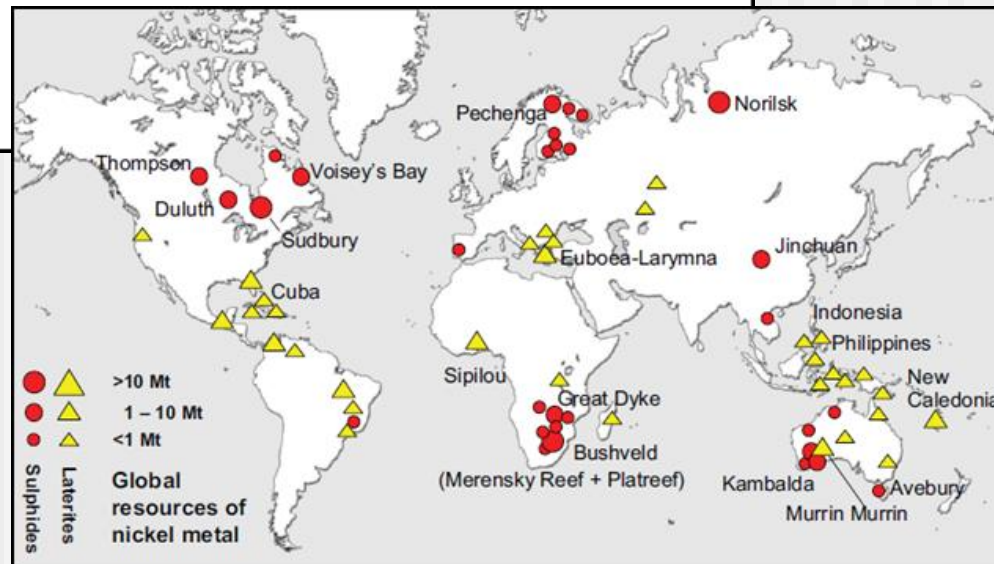
Fe-Mn konkrece, obsah Ni do 1%

Zásoby a ložiska - Ni

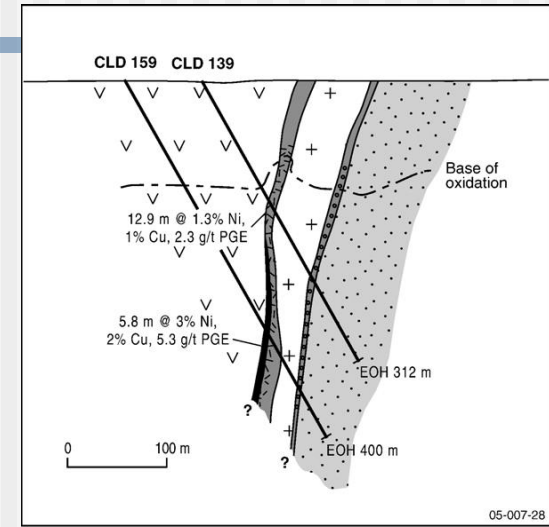
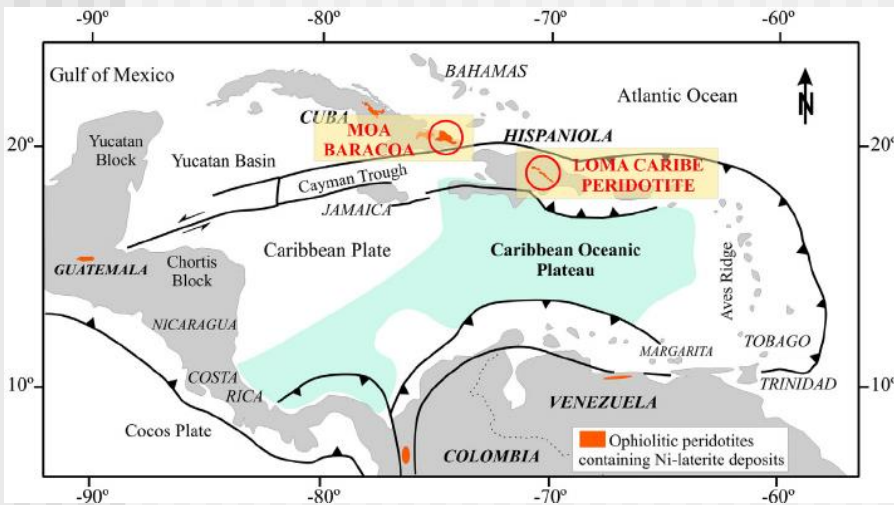
World Nickel Reserves



Garnierite a mixture of nickel silicates. Note some darker green nodules that probably contain a higher percentage of nickel. Nodule from Nickel Mountain, Oregon. Width ~ 6 cm.



Principal sources/deposits of Ni



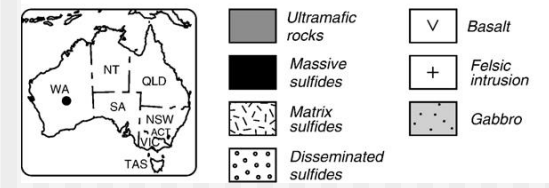
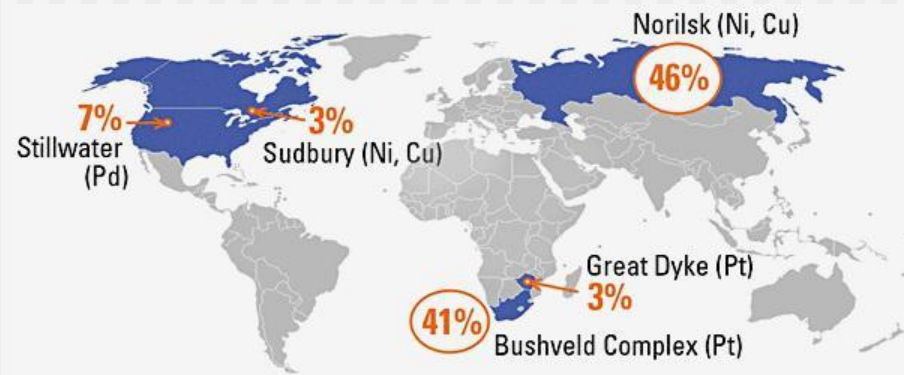
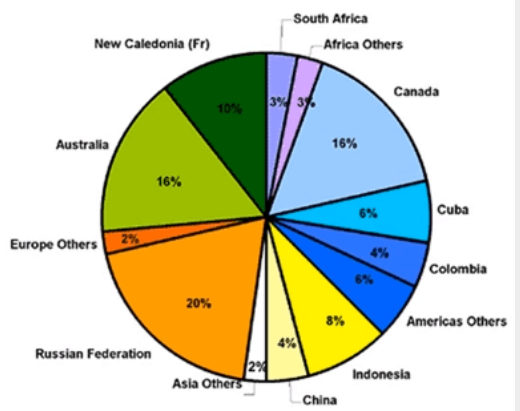
Cu-Ni Massive Sulphides

36% of Ni production from 'sulphide deposits' of this sort.

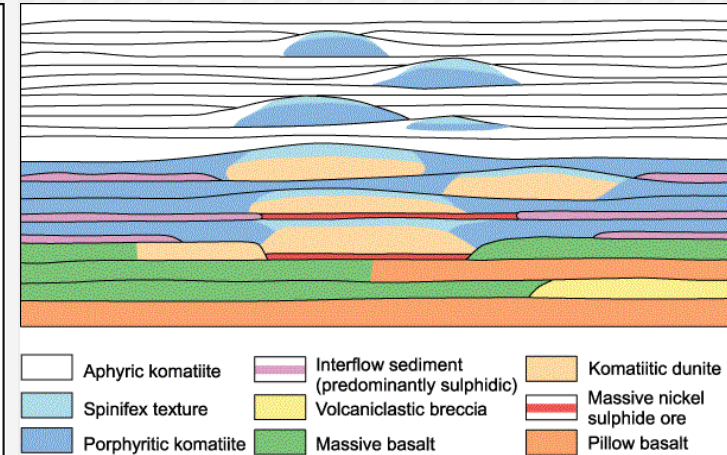
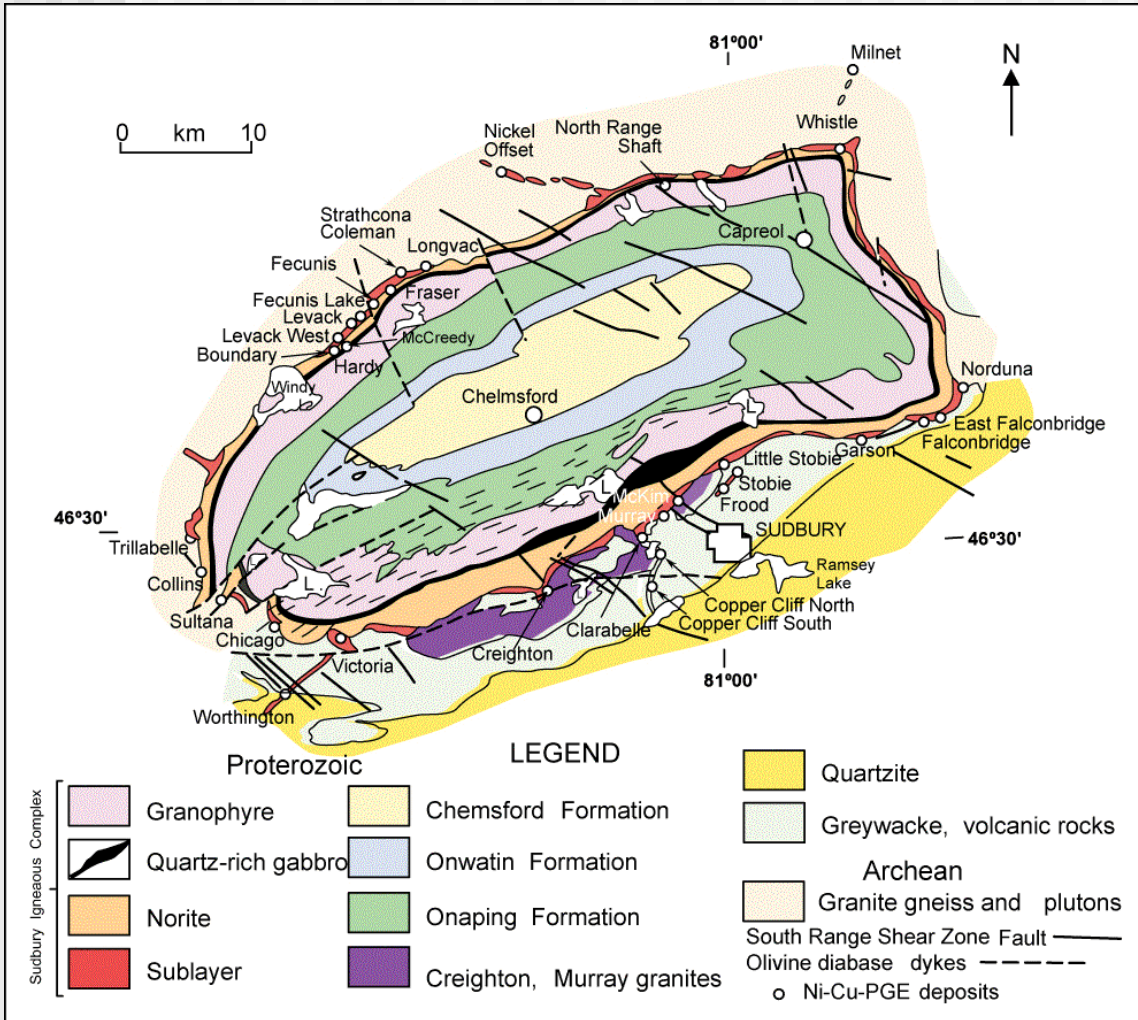
64% from 'Ni laterites' (from weathered mafic rocks) – generally in tropical areas.

Mafic complexes are the main source of the Ni in both cases.

Ni used for specialist alloys, Ni-Cd batteries.



Sudbury – Cu-Ni



Generalized section of komatiitic flows and related nickel deposits (after Lesher, 1989) (Australia, Kambalda).

Sudbury Igneous Complex: geological map (assembled from Naldrett, 1989; Naldrett et al., 1984; Pattison, 1979; and Shanks and Schwerdtner, 1991)

Cr

legování ocelí, slitiny s Co – zubní lékařství, slouč. k výrobě barev, žáruvzdorné materiály - (1893°C)

chromit: $(\text{Mg}, \text{Fe})(\text{Cr}, \text{Al}, \text{Fe}^{3+})_2\text{O}_4$, obsah Cr_2O_3 v rudě až přes 60%, s větším obsahem Al – žáruvzdorné materiály

tělesa v oceán. litosféře (**ofiolity**, podiformní tělesa): Filipíny (Zambales), Turecko, Kuba, j.Ural (Kempirsajský masív)

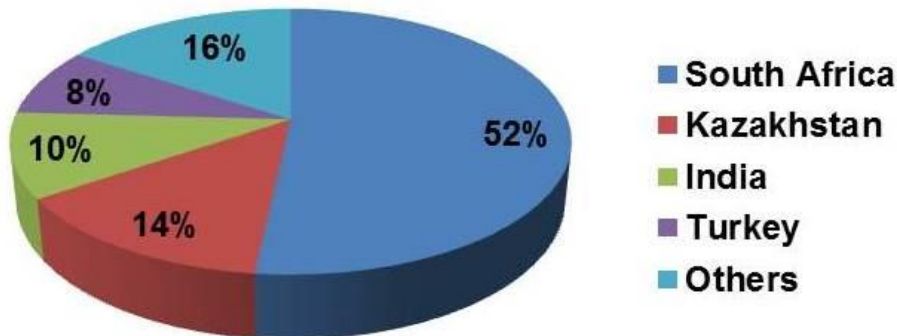
tělesa v ultrabazických masívech na štítech: Bushveld, Great Dyke (Zimbabwe), Stillwater,



Distribution of major chromitite-bearing ophiolitic massifs in Turkey

Main deposits of Cr

World chromite production 2014
29m tonnes



Source: data from USGS

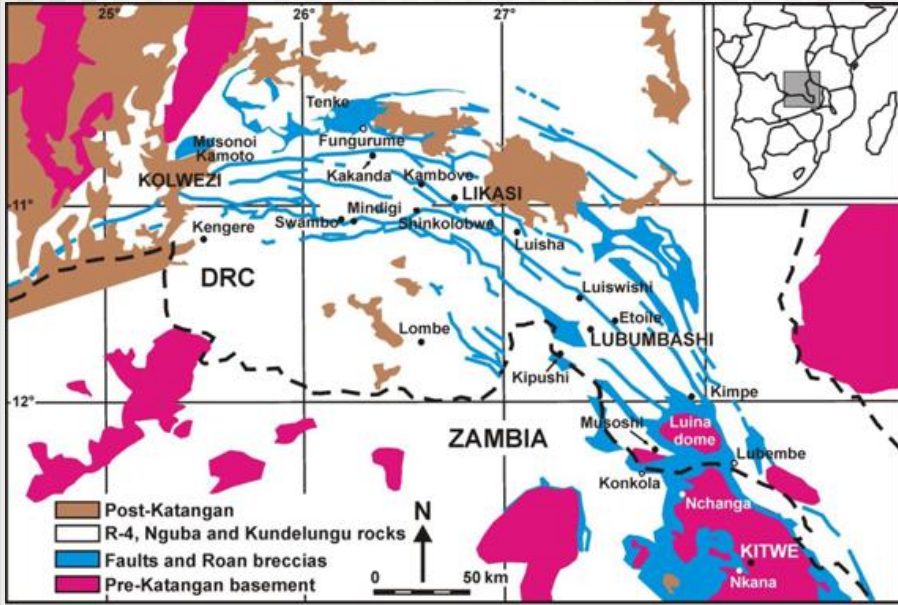
Co

ochrana proti korozi, abrazi, slitiny – magnety (Co+Ni+Al),
řezné nástroje (+ karbid W nebo diamanty), katalyzátory

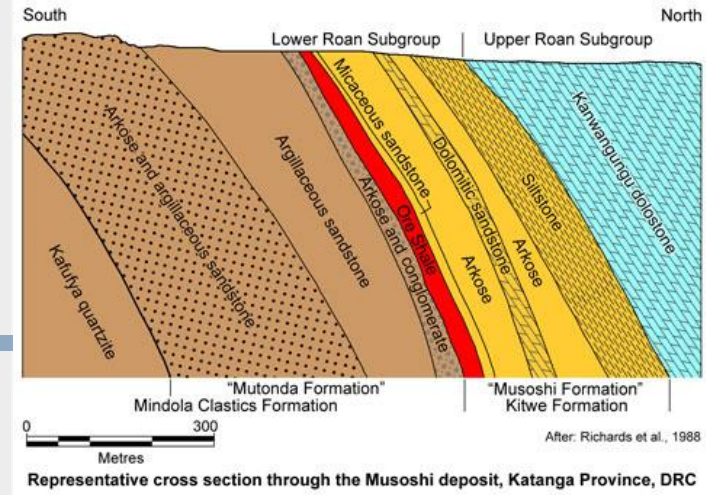
zdroje:

- 1) Cu-nosné břidlice (Copper Belt – Dem. rep. Congo, Zambia), obsah cca 0,4% Co, Dolní Slezsko – Lubin
- 2) vedlejší produkt při zpracování sulfidických rud Cu-Ni a lateritických rud (Kuba, New Caledonia)
- 3) hydrotermální žilná – Cobalt, Ontario (s Ag)
- 4) Mn-Fe konkrerce

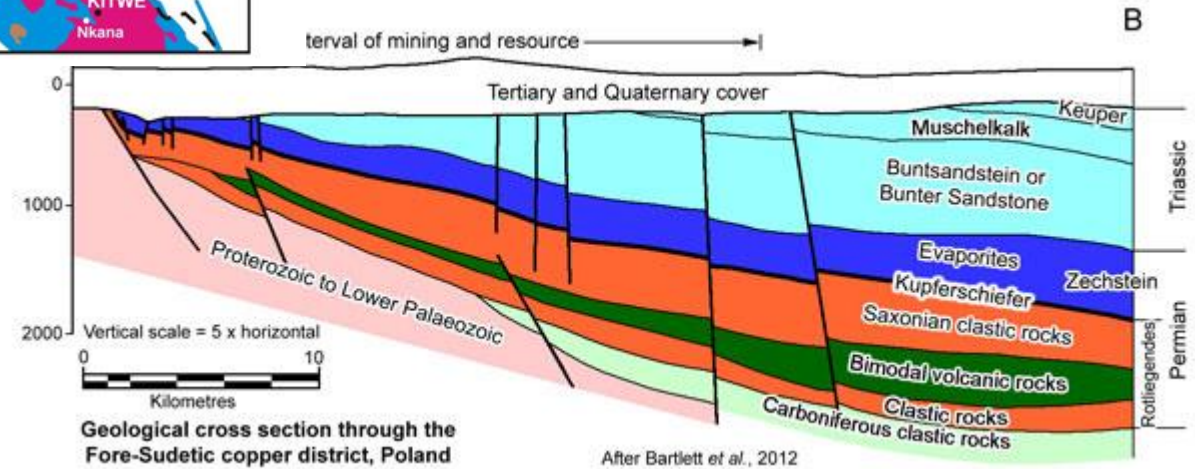
Co, Cu



černá břidlice (kupferschiefer, s bornitem)



Location of the Central African Copperbelt and of the most important ore deposits (after Cailteux et al. 2005).



After Bartlett et al., 2012

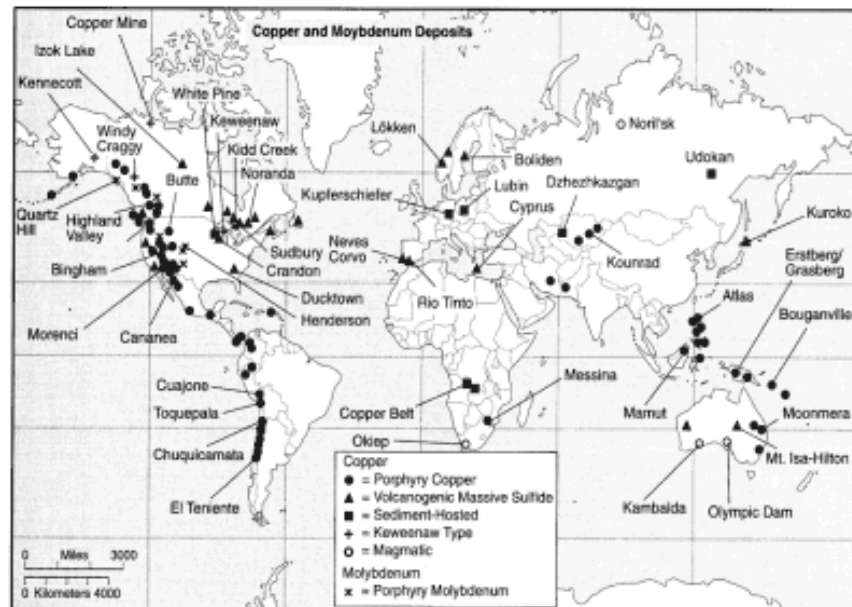
Mo

v oceli ovlivňuje tvrdost, abrazi, korozi, vys.teploty, 30% jiné použití na chemikálie, katalyzátory a mazadla

zdroje jsou soustředěny jen do několika málo oblastí na světě

porfyrové rudy: Chile, USA, Rusko – Tyrny-Auz (skarn)

hlavní rudní minerál: molybdenit MoS_2



Cu-Mo grade

Country	Deposits	Tonnage (Mt)	Grade			
			Cu%	Mo%	Au gt ⁻¹	Ag gt ⁻¹
USA	Bingham (Utah)	2733	0.71	0.053	-	-
	Morenci (Arizona)	848	0.88	0.007	-	-
	Ray (Arizona)	172	0.85	-	-	-
	San Manuel-Kalamazoo (Arizona)	980	0.74	0.015	-	-
	San Rita (New Mexico)	662	0.97	-	-	-
Canada	Lornex (British Colombia)	544	0.374	0.013	-	Tr
	Valley Copper	853	0.48	-	-	-
Mexico	Cananea	1542	0.79	-	-	-
Panama	Cerro Colorado	2000+	0.6	0.015	0.062	4.35
Chile	Chuquicamata	9423	0.56	0.06	-	-
	El Salvador	283	1.17	0.033	-	-
Papua New Guinea	Ok Tedi	543	0.6	-	0.5	-
	Panguna	1085	0.48	-	0.55	1.5
Iran	Sar Cheshmeh					
	Supergene	92	1.996	Tr	Tr	Tr
	Hypogene	334	0.896	Tr	Tr	Tr
UK	Coed-y-Brenin	200	0.3	0.003+	0.082	
Yugoslavia	Bor	383	0.428	~0.1	0.065	~4.26

W, V, Nb, Te

W - karbid W (nejtvrďší syntetický materiál): řezné nástroje, elektr. a elektronický průmysl: katody, vlákna, nové náhrady: nitridy B, karbidy Ti
scheelit: skarny – Shizhuynan (Čína), Tyrny-Auz (Rusko), Sangdong (J.Korea), Pine Creek (Kalifornie), King Island (Austrálie)
wolframit: hydroterm. žíly – Chiang-si (Čína), Panasqueria (Portugalsko)

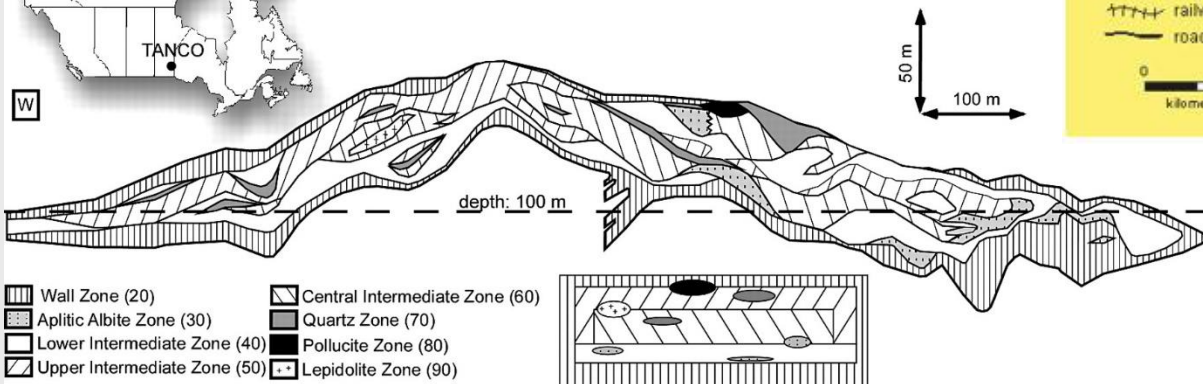
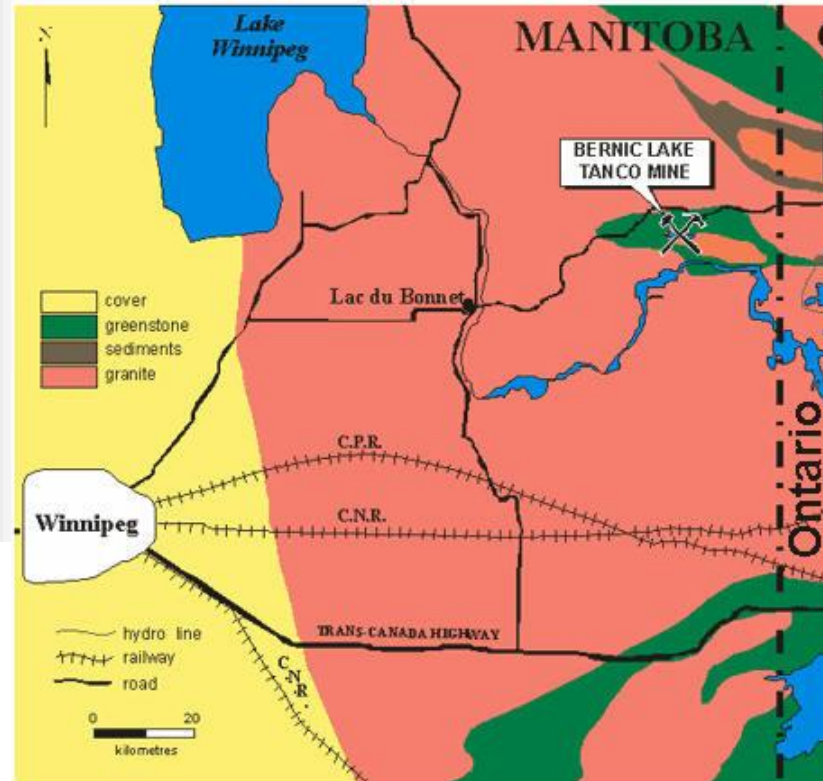
V - slitiny: kontrola velikosti zrn, tuhnutí, tvrdost za vys.T
V bohatý magnetit (J.Afrika), ilmenit (anorthosity), Rusko

Nb - zlepšuje mechanické vlastnosti uhlíkaté oceli (obsahy cca 0,1%), pyrochlor (karbonatity), columbit, Brazílie (zvětralé karbonatity – Barreiro carbonatite complex), Kanada (Thor Lake deposit – pegmatite, alkaline granitoids, with columbite)

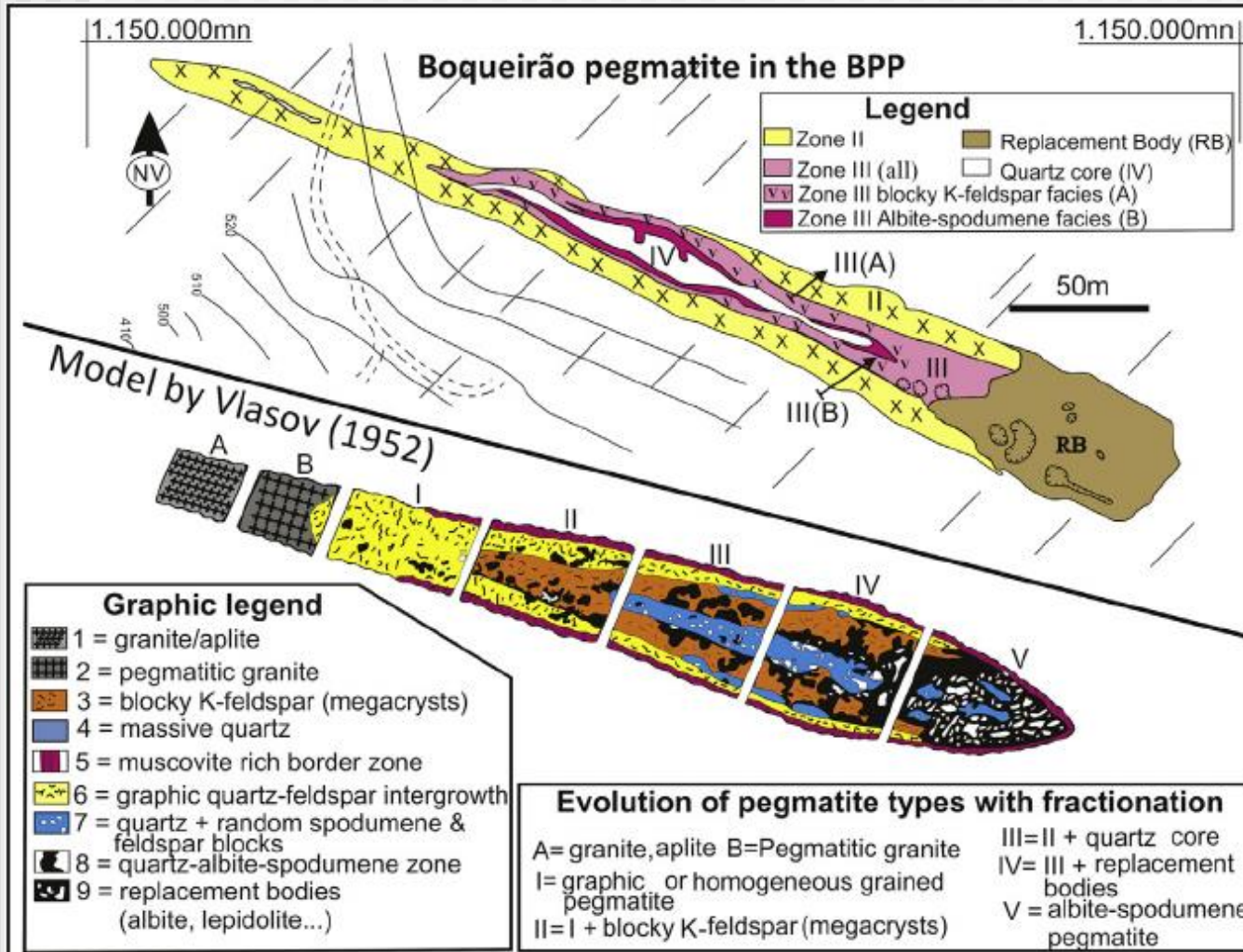
Te - telur: 0,04% v uhlíkaté oceli usnadňuje obrábění, získává se při rafinaci Cu, teluridy Au na kř. žilách, v Cu sulfidech

Tanco, Manitoba

minerals: spodumen, lepidolite, columbite,
 polucite - $Cs_{0.6}Na_{0.2}Rb_{0.04}Al_{0.9}Si_{2.1}O_6 \cdot (H_2O)$



Brazil



Perspectives for Li- and Ta-Mineralization in the Borborema Pegmatite Province, NE-Brazil: A review

Full-text available · Article · Dec 2014 · Journal of South American Earth Sciences

Hartmut Beurlen Hartmut Beurlen Rainer Thomas Rainer Thomas Marcelo R. Rodrigues da Silva Marcelo R. Rodrigues da Silva

Detailed geological sketch of the Boqueirão (1/4 Cabeço) pegmatite (modified from Tavares, 2001) compared with the model of the classification of pegmatites based on internal structure proposed by Vlasov (1952).

Neželezné kovy - nonferrous metals

- light metals: Al, Mg, Ti, Be
(významná spotřeba energie pro zpracování)
- base metals: Cu, Pb, Zn, Sn
- chemical and industrial metals: REE, Cd, Sb, Ge, As, Rh, Hg, Ta, Zr, Hf, In, Se, Bi, Tl

Lehké kovy – průmyslové minerály

- Al – diaspor, gibbsit, boehmit
 $\text{AlO}(\text{OH})$
- Mg – magnezit, dolomit, solanky
- Ti – rutil, ilmenit
- Be – beryl – $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{Si}_6\text{O}_{18})$,
bertrandit $\text{Be}_4(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})_2$ (ryolity,
tufy – Spor Mountain, Utah),
superlehké slitiny s Cu

Al

- použití: - z 90% metalurgie kovového Al, konstrukční slitiny ap.
- - nerudní surovina: výroba žáruvzdorných materiálů, úprava vody, rafinace ropy, abrazíva, katalyzátory pro krakování ropy
- světové zásoby: jsou známé z 85 zemí, těží se ve 27 zemích, hlavně oblasti tropů a subtropů, ložiska vznikla hlavně v kenozoiku

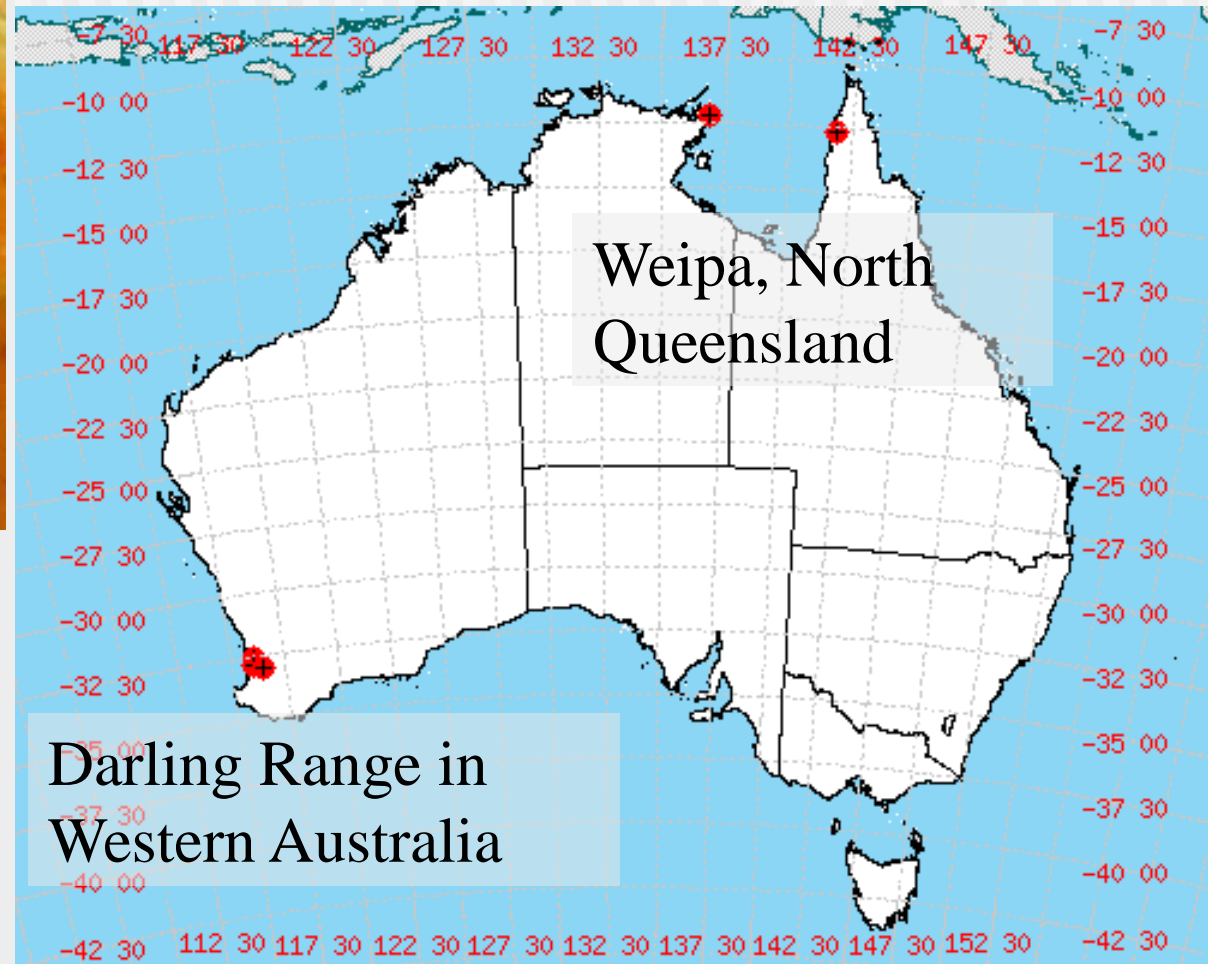


jedna z největších společností, těžba, výroba Al

Al - ložiska

- Austrálie, Queensland: Al-laterit vznikl v eocénu z písčitých jílu, ve svrchní části horizont se železito-křemičitými konkrecemi, laterit má mocnost 10m, v zákl. hmotě pisolity (45-60% Al_2O_3), ložiska: **Weipa** (3.4Gt), Gladstone
- Darling Ranges v Z.Austrálii: Al-laterit vznikl v miocénu zvětráváním krystalinika na ploše 200 000km², pevný laterit nahoře pod ním křehký, těžitelná poloha s mocností 3m má 30-48% Al_2O_3 , vznikají svědecké pahorky, (celkové zásoby Austrálie jsou odhadovány na 4.8Gt)

Austrálie (AI)



Al-pisosity, Weipa, AUS

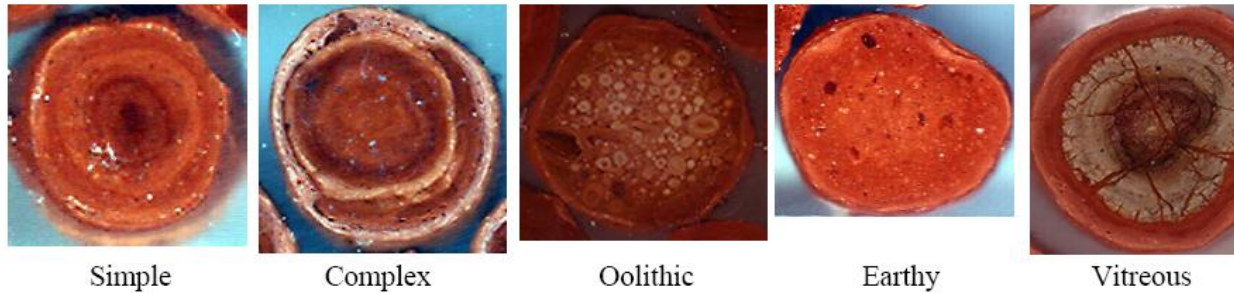


Figure 2: core types common in bauxite pisoliths from the Andoom Jacaranda profile.

Table 2: Mineralogy of pisoliths from Weipa and Andoom (data from David Tilley).

	Weipa			Andoom		
	Lomgtom	Cod	Av 21 pisos	Jacaranda2	Jacaranda1	Av 21 pisos
Gibbsite	46	76	53	57	41	50
Boehmite	2	11	8	19	22	14
PDM (alumina)	25	0	24	4	14	19
Total alumina	73	87	85	80	77	83
Kaolinite	14	7	9	4	5	5
Quartz	2	1	2	1	1	1
Hematite	5	5	3	10	13	10
Anatase	2	2	2	4	2	2

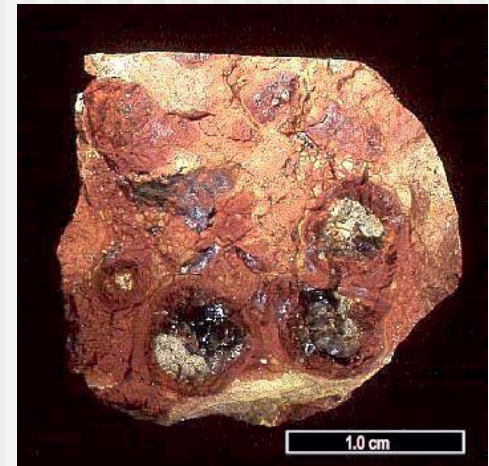
gibbsit, boehmit, diaspor



gibbsit – $\text{Al}(\text{OH})_3$



diaspor – $\text{AlO}(\text{OH})$



boehmit – $\text{AlO}(\text{OH})$

další Al - ložiska

- Guayana
- Brazílie
- Guinea
- **sedimentární typy**: Francie, Maďarsko - ložisko Gant, Ajka, Halimba aj. na sz. země

bauxit - Al-laterit - sedimentární lož.

Bauxite is named after the French district of Les Baux, where it was first discovered in 1821.

Mg



- Lehký kov - 1,7 g/cm³
- Mg – magnezit, dolomit, solanky - 3% Mg (60% produkce Mg v USA), mořská voda (0,13% Mg), slitiny s Al, MgO – součást ohnivzdorných materiálů

70% produkce se využívá v průmyslu nekovových výrobků: karbonáty, hydroxidy, chloridy Mg – guma, textil, chem. průmysl

kov – slitiny s Al – odolnost vůči korozi (plechovky, sudy), lehký kov – roboty, dopravní prostředky

World Magnesite Reserves

(Data in thousand metric tons of magnesium content unless otherwise noted)

Country	Reserves
United States	10,000
Australia	95,000
Austria	15,000
Brazil	86,000
China	500,000
Greece	80,000
India	20,000
Korea, North	450,000
Russia	650,000
Slovakia	35,000
Spain	10,000
Turkey	49,000
Other countries	390,000
World total (rounded)	2,400,000

Source: USGS, 2014

Ti

■ 95% spotřeby na bílý pigment TiO_2

rutil, ilmenit (FeTiO_3) – rýžoviska: Florida, Natal coast
J.Afrika, Queensland (Austrálie), Sierra Leone – fluvialní
rýžoviska, magmatická lož. – anortosity (Norsko, Kanada)

95% spotřeby na bílý pigment TiO_2

slitiny – lehké, letecký průmysl,

World titanium reserves
(Data in thousand metric tons of contained TiO_2)

Country	Ilmenite	Rutile
United States	2,000	NA
Australia	160,000	24,000
Brazil	43,000	1,200
Canada	31,000	--
China	200,000	--
India	85,000	7,400
Madagascar	40,000	--
Mozambique	14,000	510
Sierra Leone	--	3,800
Norway	37,000	--
South Africa	63,000	8,300
Sri Lanka	NA	--
Ukraine	5,900	2,500
Vietnam	1,600	--
Other countries	26,000	400
World total	700,000	48,000
World total (ilmenite and rutile, rounded)	750,000	

Source: USGS, 2014

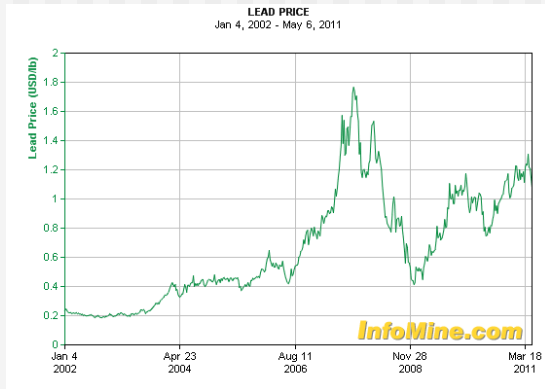
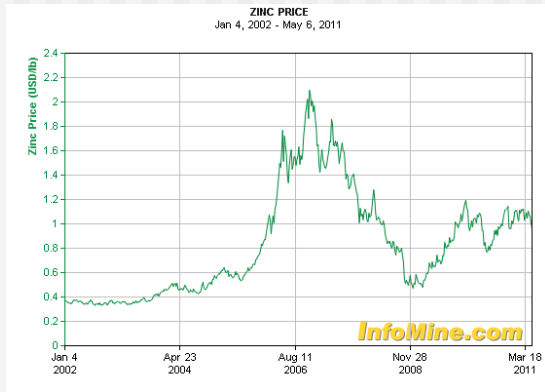
„Base metals“

Pb, Zn, Cu, Sn

Pb-Zn

- hl. průmyslové genetické typy:
- hydrotermální vulkanosedimentární
- („podkategorie“ SEDEX, VMS – volcanic massive sulfides, ...
- teletermální, („MVT“)
- hydrotermální žilné typy (genetické vazby k magmatismu, vulkanismu)

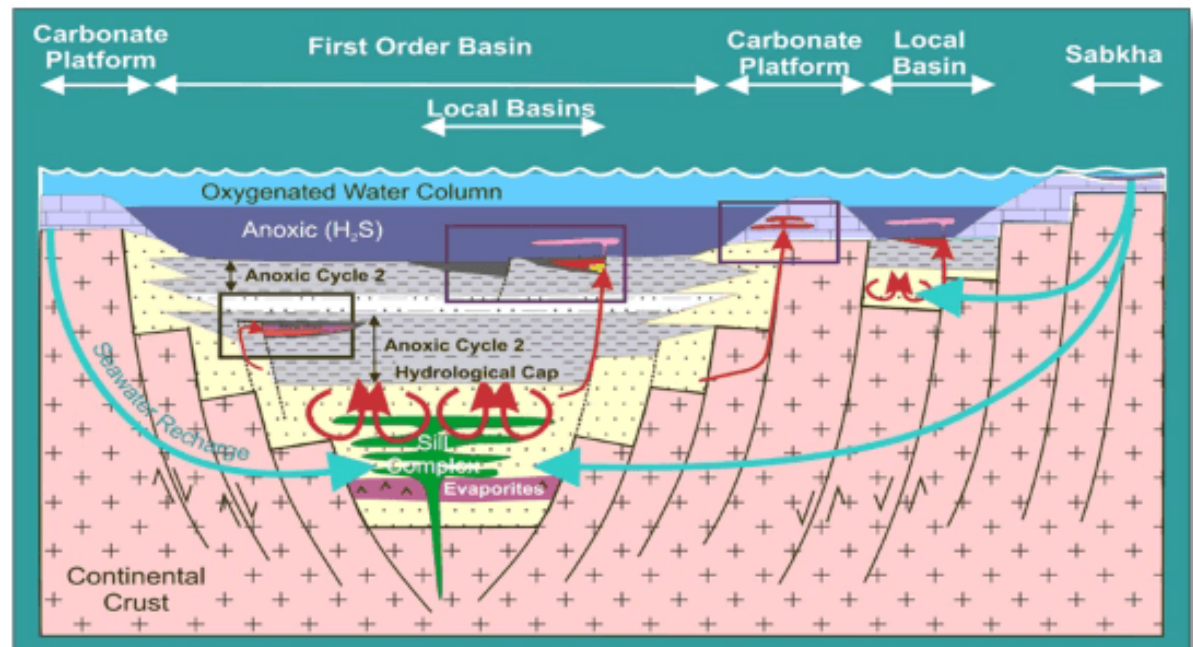
Vývoj cen Pb, Zn



SEDEX

SedEx – Differences from VMS

Form in fault-bounded **sedimentary** basins on **continental crust**, not oceanic crust. **Host rocks** are usually shales - volcanics are rare
Metals derived ~100% from host sediments/basement, not intrusives
Insignificant Cu and Au; more Pb and Ag; Zn in both.



Teletermální ložiska

hydrotermální, nízkoteplotní, pestré a složité strukturní formy (odraz geol. vývoje sedimentárních jednotek)



Hlavní rudní minerály:
sfalerit, galenit, (\pm fluorit)

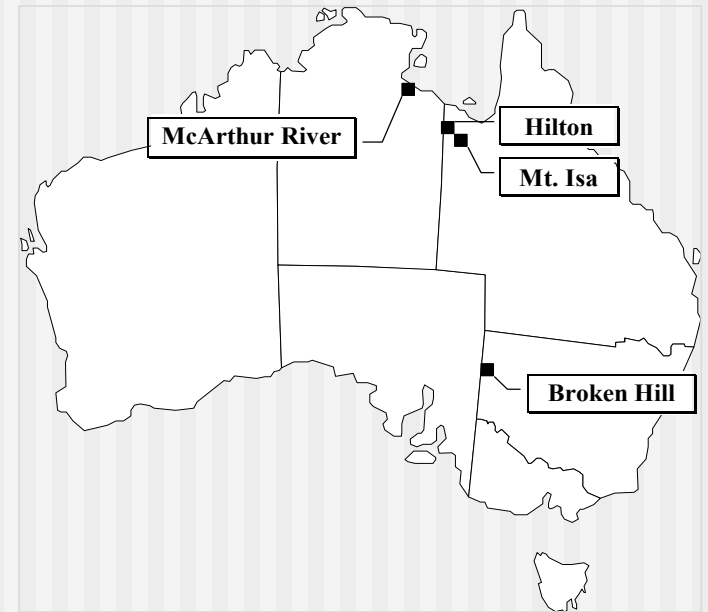
Typical hand specimen of brecciated dolostone (d0, d1) cemented by several generations of hydrothermal dolomite (d2) and coarse-grained quartz (qtz) and sphalerite (sph) from Bushy Park. JAR

Low-temperature deposits

- Krakov
- Pine Point, Canada
- the Lisheen Zn-Pb-Ag prospect, Rathdowney Trend, Ireland
- Silvermines zinc-lead-barite deposit, Ireland
- USA: Tri State district (Missouri, Tennessee, Mississippi,... → „MVT“ – neogenetické označení)

Pb-Zn, volcano-sedimentary

- Mt Isa, Broken Hill
- Sullivan
- Rio Tinto
- Zlaté Hory
(příklad v ČR)



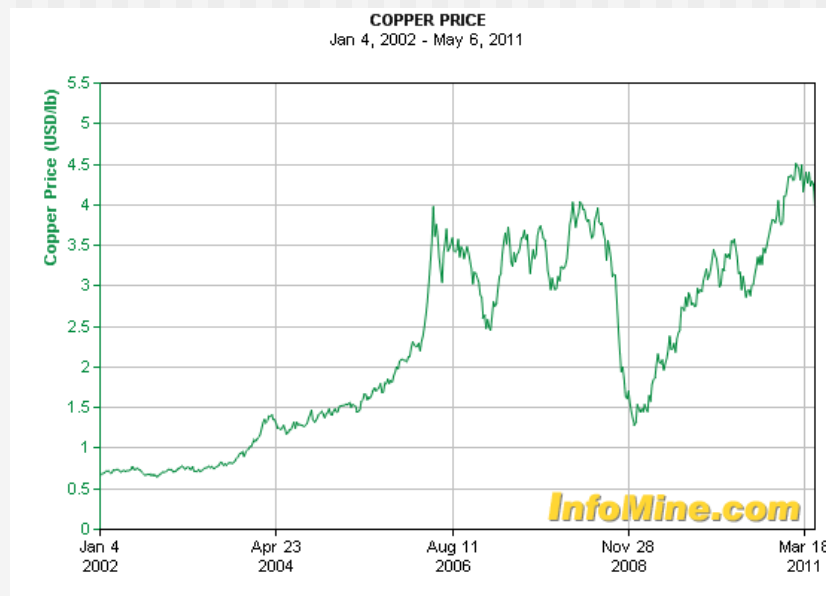
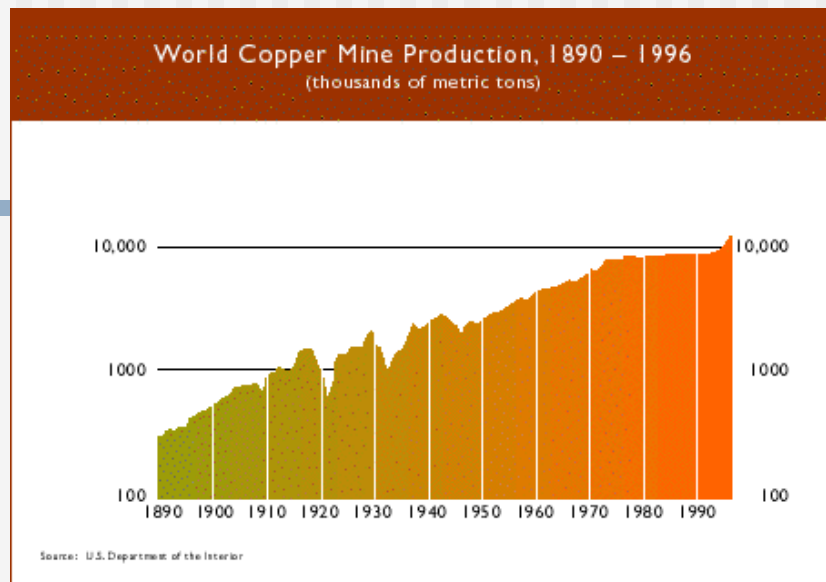
Broken Hill (Aus, NSW): 300 mt @ 15% Pb+Zn, 150g/t Ag
(proterozoikum, 1690Ma)

Cu

chalcopyrite: principal ore

hlavní průmyslové,
primární zdroje:

- 1) porfyrové rudy Cu-Mo
(cca 80% produkce a
spotřeby)
- 2) Cu-nosné břidlice
(kupferschiefer),
sulfidy Cu: bornit,
chalkozín

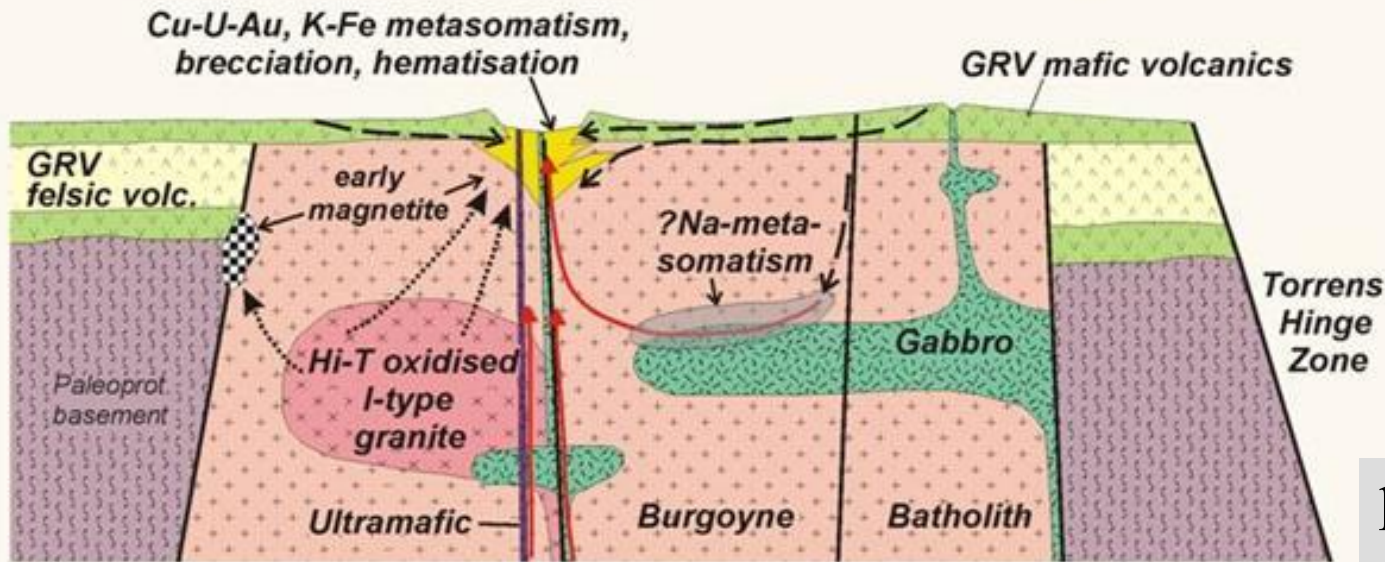





Významná ložiska Cu

- Lubin, Polsko
- Cooperbelt, Zambie
- porfyrové rudy: Bingham, El Teniente, ...
- Neves Corvo
- Olympic Dam

Olympic Dam (Austrálie)

OLYMPIC DAM - STYLE CU-AU SYSTEM



-  **Felsic magma / granite - sourced fluids**
-  **Fluids reacted with mafic/ultramafic intrusions**
-  **Meteoric waters (oxidised, cool)**

2km
(schematic)

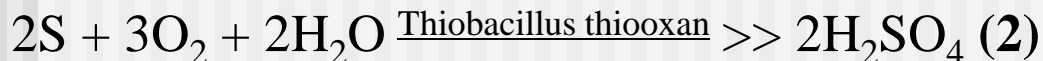
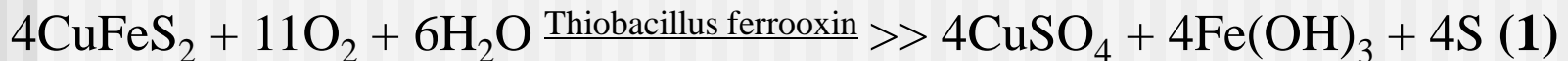
Geology partly based on Reeve et al. (1990) & Haynes et al. (1995)

komplexní
hydrotermální
systém

Cu - bioleaching

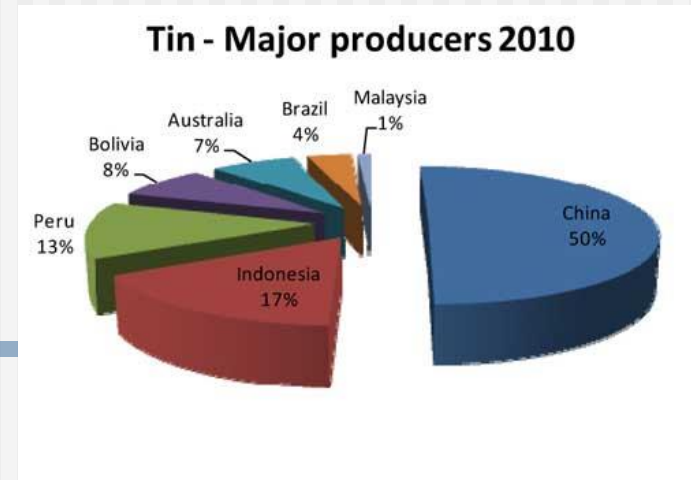
Examples of Current Industrial Bioleaching Operations¹

- Acid Mine Drainage
 - Rio Tinto, Spain
- Dump Leaching
 - Bagdad, USA
 - Morenci, USA
 - Pinto Valley, USA
 - Sierrita, USA
- Heap Leaching
 - Cerro Colorado, Chile
 - Cananea, Mexico
 - Chuquicamata SBL, Chile
 - Collahuasi, Chile
 - Girilambone, Australia
 - Ivan Zar, Chile
 - Morenci, USA
 - Punta del Cobre, Chile
 - Quebrada Blanca, Chile
 - Salvador QM, Chile
 - Sociedad Minera Pudahuel, Chile
 - Zaldívar, Chile
- Bioleaching of Gold Concentrates
 - Ashanti, Ghana
 - Fairview, Zambia
 - Harbour Lights, Australia
 - Mount Leyshon, Australia
 - Sao Bento, Brazil
 - Wiluna, Australia
 - Youanmi, Australia

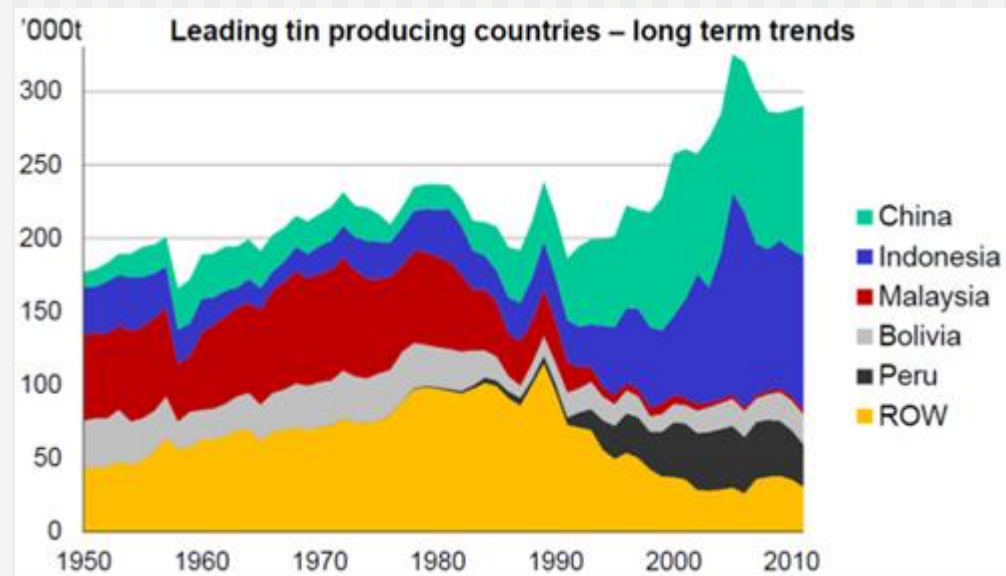


Sn

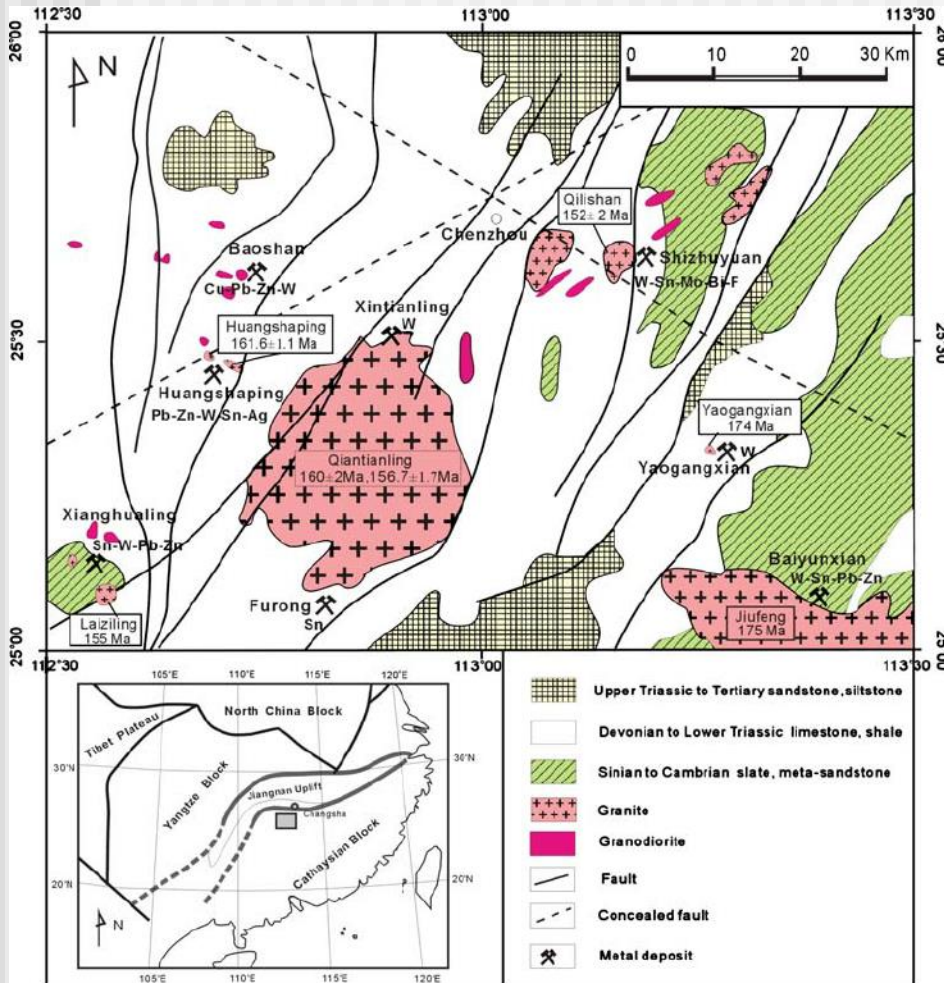
- kasiterit - SnO_2
- genetické typy zdrojů/ložisek: greiseny, rozsypy
- saxothuringikum (Cínovec v ČR)
- Čína, Indonésie



Illegal tin mine in Batako, Tunghin. Bangka Island (Indonesia) is devastated by illegal tin mines. The demand for tin has increased due to its use in smart phones and tablets.



Sn - China



Sketch map of tin and tungsten deposits in the central Nanling region,

Chemical and industrial metals

REE, Cd, Sb, Ge, As,
Rh, Hg, Ta, Zr, Hf,
In, Se, Bi, Tl

REE – speciální ocel. slitiny (směs), La, Nd, Pd – rafinace ropy, cena: 3\$/kg oxidů, magmatická ložiska, likvační a karbonatity, bastnezit, monazit, xenotim, Mountain Pass (Kalifornie)

Cd – toxické, baterie, antikoroziční povrchy, barevné pigmenty, stabilizace PVC, greenokit, sfalerity – rafinace Zn: Cd

Sb – výroba chemikálií s užitím proti vznícení (plasty, textil, dětské oblečení?, stibnit, tetraedrit, jamesonit, antimonit hydrotermální ložiska, skarny, greiseny, Čína, Bolívie, J.Afrika

Ge – optická vlákna a skla, vedlejší produkt zpracování Zn rud

As – herbicidy, insekticidy, ochrana dřeva, arsenopyrit, realgar, auripigment, enargit, tenantit, vedlejší produkt hutí

Re – molybdenit – 10-100 ppm Mo-porfyry, až 2000 ppm Cu-Mo porfyry, rafinace ropy, slitiny Re-Ni – vysokoteplotní aplikace (let.motory)

Hg – hydrotermální nízkoteplotní ložiska, McDermitt caldera (Nevada), Monte Amiata (Itálie), Almaden (Španělsko), v pískovcích

hl. minerál cinabarit, jinak produkt rafinace rud, prodej: lahve (76 lb), amalgamace Au, baterie (už ne), výbojky, měřicí přístroje, barvy, používala se na zubní amalgam (50% Hg, 35% Ag, 12% Sn, Cu, Zn)

Ta – slitiny s Fe, elektronika, pyrochlor, tantalit

Zr (+Hf) – zirkon, teplotně odolné součástky (2500°C), atomové reaktory: Zr – pouzdra na palivo, Hf – řídicí tyče

In – sfalerit – 10-20 ppm, slitiny s Bi, Pb, Sn, Cd, oxidy In a Sn – ochranné povrchy, skla, polovodiče, zubní slitiny

Se – fotoelektrické vlastnosti – solární energie, papír pro kopírky, guma, zdroj – elektrolytická rafinace Cu

Bi – kosmetika, lékařství (chloridy, karbonáty), při rafinaci rud Pb, Mo, W

Tl – 10-40 ppm thalia ve sfaleritech, slitiny s nízkým bodem tání, Tl = 303,5°C, elektronika, farmacie

sfalerit! – zdroj řady prvků z výseteplotních hydrotermálních ložisek

Critical elements

- Li
- REE – zdroj: karbonatity, alkalické magmatity, (monazit, parisit, loparit, ..., hlavně oxidy a fosforečnany s La, Ce, ...)
- Te – solární panely, slitiny, zdroj – teluridy (calaverit AuTe₂, Kalifornie, Emperor Mine – Fiji,
- ...

Figure 6.F.1b Criticality Ratings by the European Commission of Shortlisted Raw Materials.¹⁷

High	High-Medium	Medium	Medium-Low	Low
REE: Dy, Eu, Tb, Y	Graphite	REE: La, Ce, Sm, Gd	Lithium	Nickel
REE: Pr, Nd	Rhenium	Cobalt	Molybdenum	Lead
Gallium	Hafnium	Tantalum	Selenium	Gold
Tellurium	Germanium	Niobium	Silver	Cadmium
	Platinum	Vanadium		Copper
	Indium	Tin		
		Chromium		

low sulphidation, epithermal mineralisation at Emperor is regionally associated with higher-temperature alteration zones near the centre of the caldera, 3 km east of Vatukoula

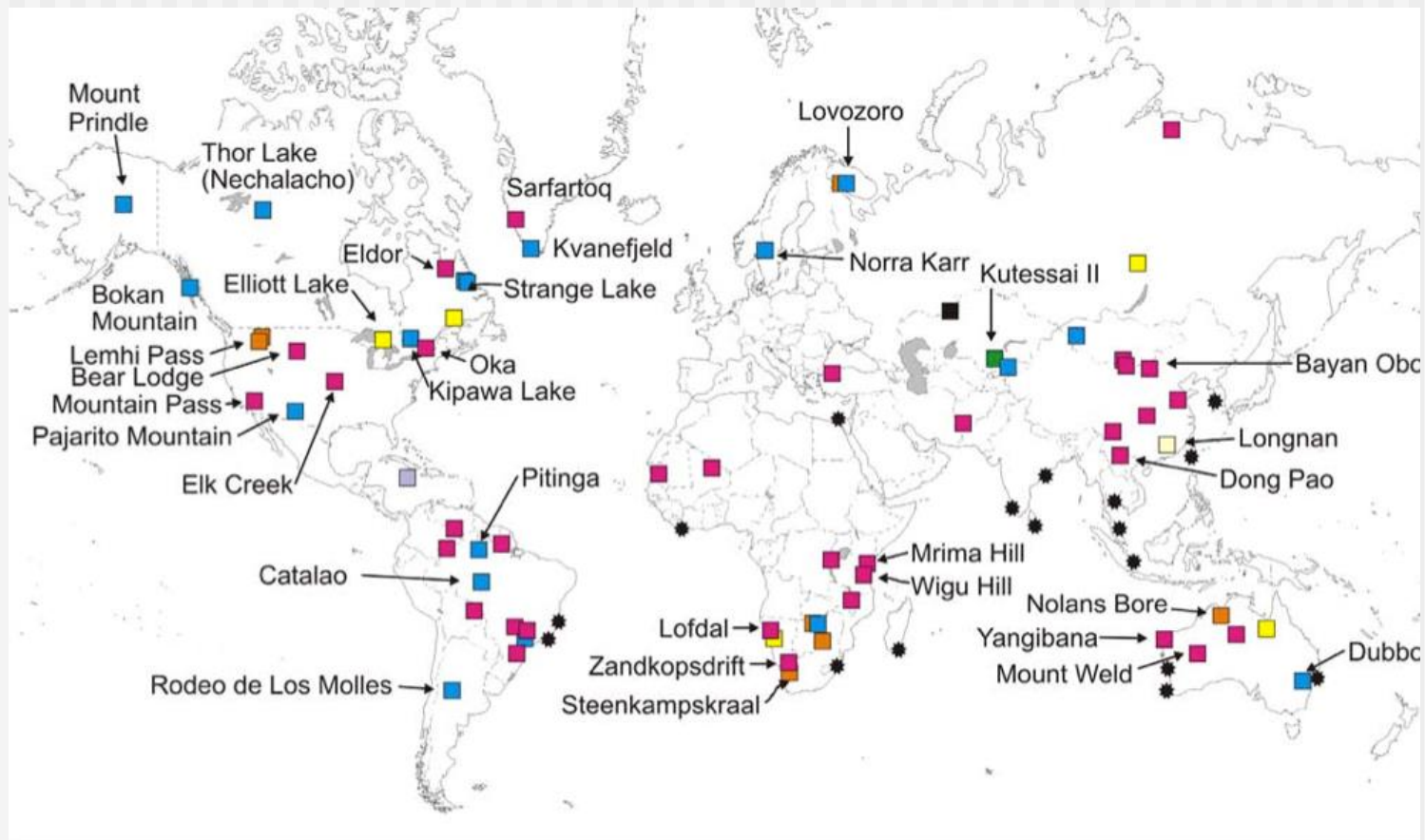
Native tellurium crystal on sylvanite from the Emperor Mine, Vatukoula, Tavua Gold Field (image width 2 mm)



Sylvanite, (Au,Ag)₂Te₄, and Tellurium, Emperor Mine, Viti



REE deposits



- | | | |
|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| ■ Bauxite laterite | ■ Magnetite ore deposit | ■ Uranium deposit |
| ■ Carbonatite complex | ■ Peralkaline igneous deposit | ■ Vein deposit |
| ■ Ion-adsorbed clay deposit | ★ Placer deposit | ■ Weathered crust saprolite |

Li

- Spodumen, ambligonit, lepidolit

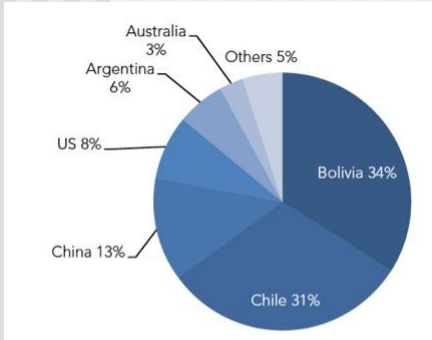


- **Lithium (Li):** atomové číslo 3, relativní atomová hmotnost 6,941 je stříbrolesklý, velice reaktivní, vodivý elektropozitivní kov. Je měkký (0,6) a nejlehčí (0,534 g/cm³) ze všech kovů, ale tvoří pevné slitiny s ostatními kovy. Používají se především sloučeniny Li₂CO₃, Li₂O, LiCl, LiF, LiOH atd.
- **Hlavní minerály:** amblygonit (3,4–4,7 % Li), spodumen (3,7 % Li), lepidolit (1,4–3,6 % Li), petalit (1,6–2,3 % Li), eukryptit (2,1–5,5 % Li), **cinvaldit** (1,4–1,6 % Li); v budoucnosti: hektorit (0,5 % Li), jadarit (3,4 % Li)

Ložiskové zdroje Li

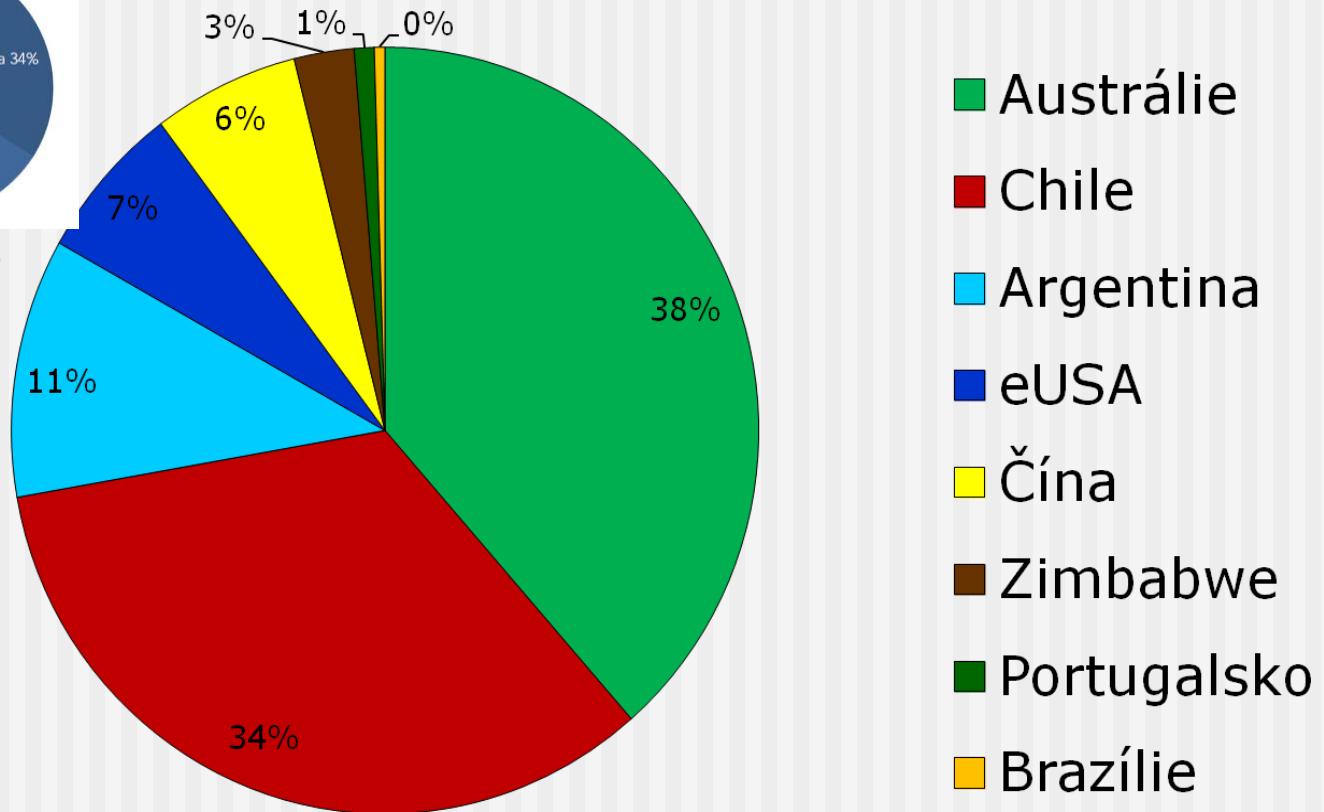
- **Kontinentální solanky:** roztoky Li solí v pánvích a slaných jezerech aridních oblastí v předhůří velehor – 53% podíl na světové těžbě, cca 75 % zásob – Chile, Argentina, Bolívie, Čína, USA
- **Pegmatity:** hlavní minerál spodumen, ale i petalit, eukryptit, lepidolit a amblygonit – 46% podíl na světové těžbě, cca 20 % zásob – Austrálie, Čína, Zimbabwe, USA, Brazílie, Portugalsko
- **Sedimentární:** budoucí perspektivní typy ložisek
 - borosilikát jadarit (Srbsko)
 - jílový minerál hectorit (USA, Mexiko)
- **Solanky geotermální a ropných polí:** možný zdroj v budoucnu, nízké obsahy Li, navíc doprovodné soli dalších prvků (např. Br)
- **Greiseny a greisenizované žuly:** dříve významné, nízké obsahy Li, často spolu dalšími prvky (Sn, W, Rb) – hlavní zdroj v ČR
- **Antropogenní:** odpady po úpravě Sn-W rud – omezená velikost, ale snadná těžba i úprava

Li - těžba



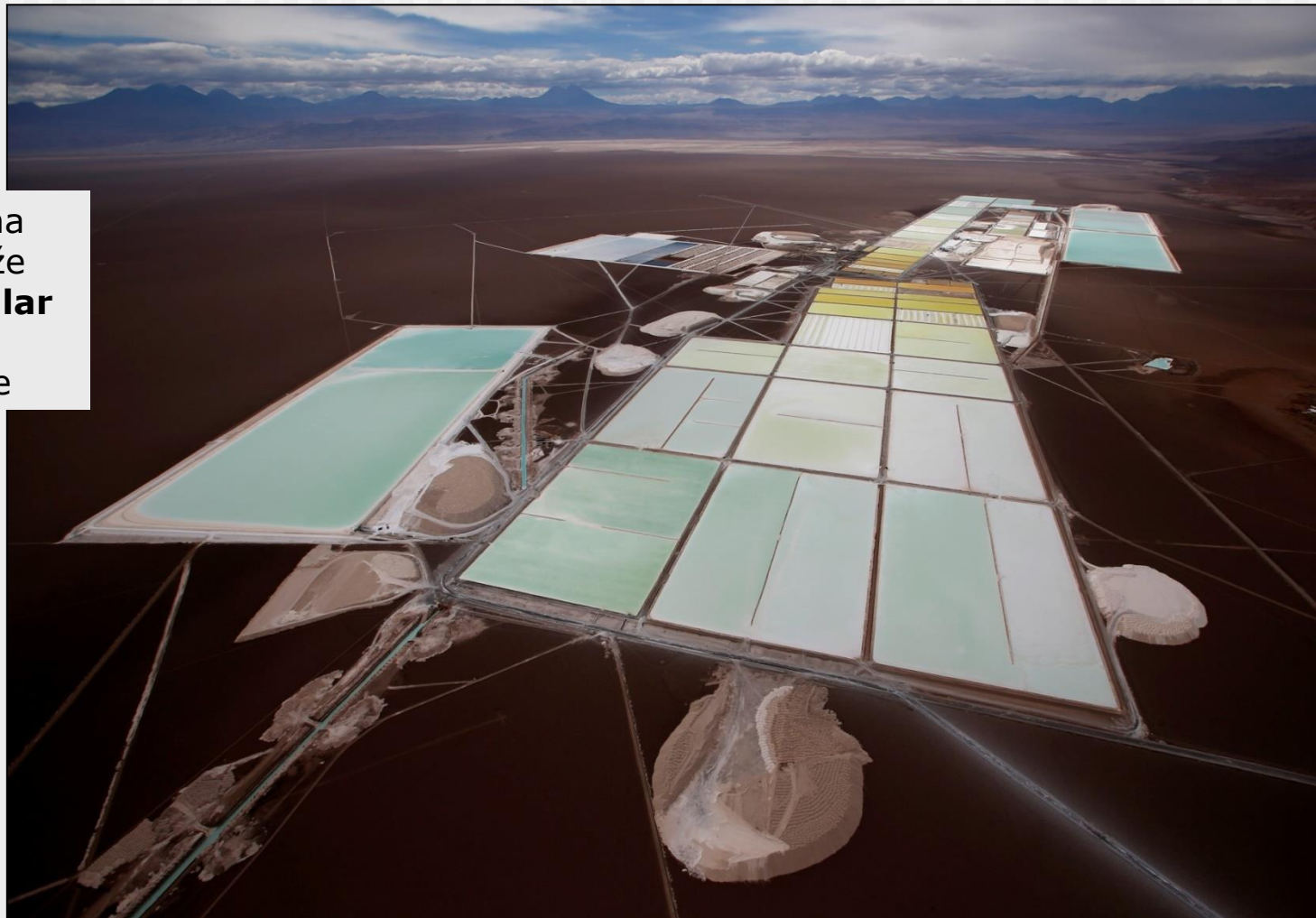
2011 reserves estimates

Lithium – světová těžba: 34–35 kt

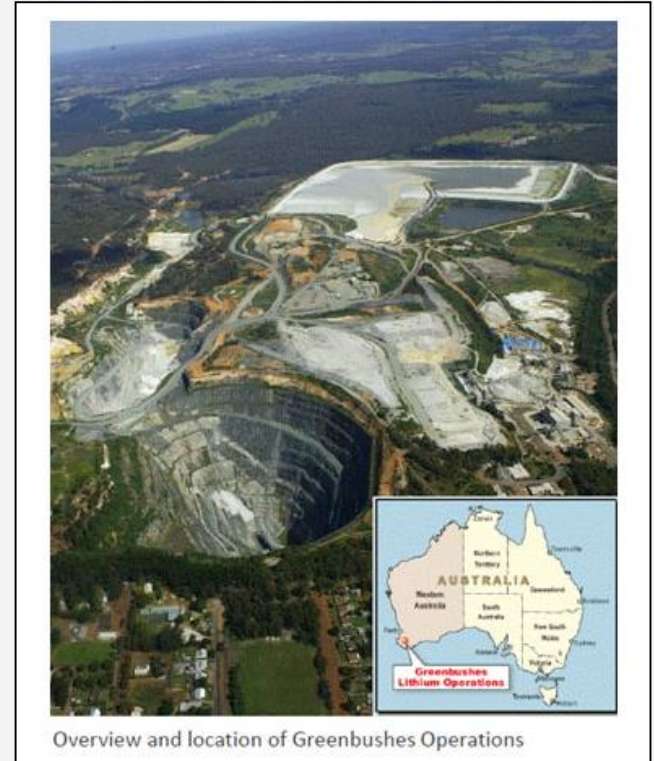


Chile - Li

Letecký pohled na
odpařovací nádrže
solanek ložiska **Salar
de Atacama**
v severním Chile



Greenbushes



Greenbushes – nejkvalitnější pegmatitové ložisko Li (Sn-Ta-Li) spodumenových rud v jz. Austrálii se 118 mil. t rudy o obsahu 1,0–1,5 % Li