



Kovy vzácných zemin

Co o nich víme?

Ke „kovům vzácných zemin“ (REE) se obvykle počítá **17 prvků: 15 lanthanoidů + yttrium (Y) a skandium (Sc)**.

Lanthanoidy (La–Lu):

- La – lanthan
- Ce – cer
- Pr – praseodym
- Nd – neodym
- Pm – prometium (*nemá stabilní izotop*)
- Sm – samarium
- Eu – europium
- Gd – gadolinium
- Tb – terbium
- Dy – dysprosium
- Ho – holmium
- Er – erbium
- Tm – thulium
- Yb – ytterbium
- Lu – lutecium

Další dva prvky řazené mezi REE:

- Y – yttrium
- Sc – skandium

Pozn.: Často se rozlišují **lehké REE (LREE)** = La–Sm (*někdy i Eu*) a **těžké REE (HREE)** = Gd–Lu + Y. Skandium je do REE zahrnováno, ale není lanthanoid.

Obsah REE+Y v popílcích na složištích v ČR jsou v průměru 250 mg/t

V ČR je uloženo cca **250 mil. t** popelovin (z toho ~100 mil. t „rychle využitelných“).
Pokud použijeme konzervativní až střední koncentrace z výše uvedených studií:

- **Odhad REO v uložených 250 mil. t:**
 - při 250 mg/kg → **~62,5 tis. t REO**
 - při 300 mg/kg → **~75 tis. t REO**
 - při 480 mg/kg → **~120 tis. t REO**

- **V rychle využitelných ~100 mil. t** by to znamenalo přibližně **25–48 tis. t REO** (střed ~30 tis. t při 300 mg/kg).

(Výpočet: hmotnost popílku × koncentrace v kg/kg; např. 250 000 000 t × 0,0003 = 75 000 t.) Výchozí údaj o množství popílků v ČR: ~250 mil. t celkem, z toho ~100 mil. t rychle využitelných. asamzs.cz

Poznámka ke složení

Podíl REE v popílku bývá **LREE-dominantní** (Ce, La, Nd, Pr, Y tvoří většinu), typicky s poměrem **LREE:HREE ≈ 4:1**; přesný „mix“ se ale liší podle elektrárny a uhlí.

Scénář	Koncentrace (ppm)	Výtěžnost	Element	Obsaženo (t, elemental)	Obsaženo (t, REO-eq)	Výtěžnost (t, elemental)	Výtěžnost (t, REO-eq)
Nízká-konzervativní	250	30%	Ce	11 250	13 815	3 375	4 144
Nízká-konzervativní	250	30%	La	5 500	6 452	1 650	1 935
Nízká-konzervativní	250	30%	Nd	3 000	3 498	900	1 049
Nízká-konzervativní	250	30%	Y	2 000	2 540	600	762
Nízká-konzervativní	250	30%	Pr	1 000	1 208	300	362
Nízká-konzervativní	250	30%	Sm	750	869	225	261
Nízká-konzervativní	250	30%	Gd	750	864	225	259
Nízká-konzervativní	250	30%	Dy	375	430	112	129
Nízká-konzervativní	250	30%	Tb	125	147	38	44
Nízká-konzervativní	250	30%	Other REE	250	295	75	88
Nízká-konzervativní	250	30%	TOTAL	25 000	30 118	7 500	9 035
Nízká-konzervativní	250	50%	Ce	11 250	13 815	5 625	6 908
Nízká-konzervativní	250	50%	La	5 500	6 452	2 750	3 226
Nízká-konzervativní	250	50%	Nd	3 000	3 498	1 500	1 749
Nízká-konzervativní	250	50%	Y	2 000	2 540	1 000	1 270
Nízká-konzervativní	250	50%	Pr	1 000	1 208	500	604
Nízká-konzervativní	250	50%	Sm	750	869	375	435
Nízká-konzervativní	250	50%	Gd	750	864	375	432
Nízká-konzervativní	250	50%	Dy	375	430	188	215
Nízká-konzervativní	250	50%	Tb	125	147	62	74
Nízká-konzervativní	250	50%	Other REE	250	295	125	148
Nízká-konzervativní	250	50%	TOTAL	25 000	30 118	12 500	15 059
Nízká-konzervativní	250	70%	Ce	11 250	13 815	7 875	9 670
Nízká-konzervativní	250	70%	La	5 500	6 452	3 850	4 516
Nízká-konzervativní	250	70%	Nd	3 000	3 498	2 100	2 449
Nízká-konzervativní	250	70%	Y	2 000	2 540	1 400	1 778
Nízká-konzervativní	250	70%	Pr	1 000	1 208	700	846
Nízká-konzervativní	250	70%	Sm	750	869	525	608
Nízká-konzervativní	250	70%	Gd	750	864	525	605
Nízká-konzervativní	250	70%	Dy	375	430	262	301
Nízká-konzervativní	250	70%	Tb	125	147	88	103
Nízká-konzervativní	250	70%	Other REE	250	295	175	206
Nízká-konzervativní	250	70%	TOTAL	25 000	30 118	17 500	21 083

Scénář je pro **100,0 mil. t** popílků na zásobách:

- Zahrnuta je pouze jedna koncentrace REY v popílku (**250 ppm**), zbylé (**300 / 480 ppm**) nejsou do tabulky zahrnuty. Jsou vypočteny 3 výtěžnosti (**30 / 50 / 70 %**).
- Rozpad je po prvcích (Ce, La, Nd, Y, Pr, Sm, Gd, Dy, Tb, „Other REE“) a je přidáno i **REO-ekvivalent** (přibližné převodní faktory typu Ce→CeO₂, La→La₂O₃ atd.).

Kde se REEs využívají

Kde REE (vzácné zeminy) jsou opravdu potřebné:

- **Permanentní magnety:** Nd-Fe-B (hlavně **Nd, Pr**, s příměsí **Dy, Tb** pro vysoké teploty) a **SmCo**.
Použití: trakční motory EV/HEV, větrné turbíny (generátory), roboty, HDD, reproduktory, sluchátka.
- **Katalýza a rafinérie:** **CeO₂** jako „oxygen storage“ v automobilových třecestných katalyzátorech a aditivum pro DPF; **La** v katalyzátorech FCC (zeolit Y).
- **Leštění a sklo/keramika:** **CeO₂** pro přesné leštění skel a optiky; přísady do skla (UV/IR filtry, odbarvování), pigmentace (**Er** růžové sklo).
Y₂O₃-stabilizovaný ZrO₂ (YSZ) pro tepelně odolné povlaky a elektrolyty SOFC.
- **Světelné zdroje a zobrazovače:** fosfory v LED a displejích (**YAG:Ce** – bílé LED; **Eu** – červená; **Tb** – zelená), scintilátory (např. **LuAG:Ce, Gd₂O₂S:Tb**).
- **Laserová/optická technika:** **Nd:YAG, Er:YAG** lasery; optické zesilovače ve vlákně (**Er**); magneto-optické prvky (garnety s **Tb/Y**).
- **Medicína:** MRI kontrasty (**Gd** cheláty), scintilační detektory v CT/PET (Lu/ Gd materiály).
- **Baterie a slitiny:** **NiMH** akumulátory (mischmetal **La/Ce**; vodíkové intermetalika typu LaNi₅), modifikace litin a ocelí (jemná metalurgie s **Ce/La**).

A teď roční spotřeba podle Ročenky 2024 ČGS:

KOVY VZÁCNÝCH ZEMIN (HS 28461000, HS 28469010, HS 28469020, HS 28053010, HS 28053020, HS 28053030)⁸

Rok	Dovozní závislost (%)	Spotřeba v ČR (t)	Hlavní dodavatelé (%) (nezpracované i zpracované suroviny)
2019	100		Rakousko (55 %), Čína (28 %)
2020	100		Rakousko (44 %), Čína (37 %)
2021	100		Rakousko (50 %), Čína (37 %)
2022	100		Rakousko (58 %), Čína (31 %)
2023	100		Rakousko (85 %), Čína (6 %)

Kdyby byla spotřeba těchto kovů vzácných zemin v ČR 100 t za rok, tak bychom při nejnižší koncentraci a nejhorší výtěžnosti měli zásoby na 75 let.

Jsou to jen teoretické propočty, ale přece jenom to není málo.

Zpracoval: Ing. Pavel Sokol, Ph.D.