

Notat fra ATV temamøde om sjældne jordarter - REE, 1. oktober 2013

I alle vindmøller, computere, telefoner, scannere, elbiler og andet teknologisk udstyr findes sjældne jordarters metaller (REE). Navnet angiver, er der tale om en begrænset ressource. Det er dog principielt kun, hvis man taler struktur – og ikke geologi. I dag producerer Kina omkring 86 % af alle sjældne jordarter, selvom landet kun råder over omkring 30 % af kendte ressourcer.

Hvis Kina fremover kan bestemme produktionens størrelse og pris kan det være katastrofalt for fremtidens grønne teknologier, og Europa vil derfor også gerne have adgang til sjældne jordarter. Grønland har meget store ressourcer, og flere efterforskningsprojekter på sjældne jordarter, og det er gennem disse sandsynliggjort, at Grønland fremadrettet vil kunne dække en fjerdedel af den globale efterspørgsel på disse metaller.

Dette notat refererer oplæg på ATV temamøde om sjældne jordarter – REE, myter og facts.

Kritiske mineraler, Karen Hanghøj, GEUS



Overalt i vores omgivelser er der råstoffer, som er gravet op af jorden – som anvendes i bygninger, biler, fly, veje, tog, skinner, vvs, elektronik mv. Nogle råstoffer som sand og grus bruger vi meget af, mens andre som platin og guld bruger vi kun lidt af. Ikke overraskende er prisen nogenlunde omvendt proportional med de mængder, der bruges. Gennem århundreder har vi lært at anvende flere og flere råstoffer, og i dag implementeres ny teknologi næsten dagligt og giver ændringer i råstofbehovet og hermed nye krav til mængder og typer af råstoffer, som skal bruges. Hvilke råstoffer og hvor meget, der er nødvendigt, er forskelligt fra region til region.

Højteknologi produkter er afhængige af REE – men også af en lang række andre grundstoffer; eksempelvis indeholder en smartphone omkring 64 råstoffer. De enkelte REE efterspørges til forskellige industrisektorer.

Fra de første undersøgelser efter nye råstofressourcer til en ny mine kan være i drift, vil der i bedste fald gå omkring 15 år; der er dermed et misforhold mellem de nye behov og den hast, hvormed mineindustrien

kan fremskaffe råstofferne. Minedrift af REE er en nichevirksomhed (<1% af værdien af den samlede mængde metaller som brydes), som overvejende har tiltrukket de mindre selskaber.

Kina er i dag storproducent af REE. Kina er også storforbruger af REE. Den øvrige del af verden føler sig klemt af Kinas monopol, hvor de efter forgodtbefindende kan skrue op og ned for pris og tilgængelighed. Langt de største ressourcer findes uden for Kina, men Kina er medejer og producent mange steder i verden.

Myter samt projekter, reserver og forventet produktion 2020, Per Kalvig, GEUS

Kina har ikke monopol på REE, men kontrollerer en stor del af værdikæden fra mine til slutbruger.

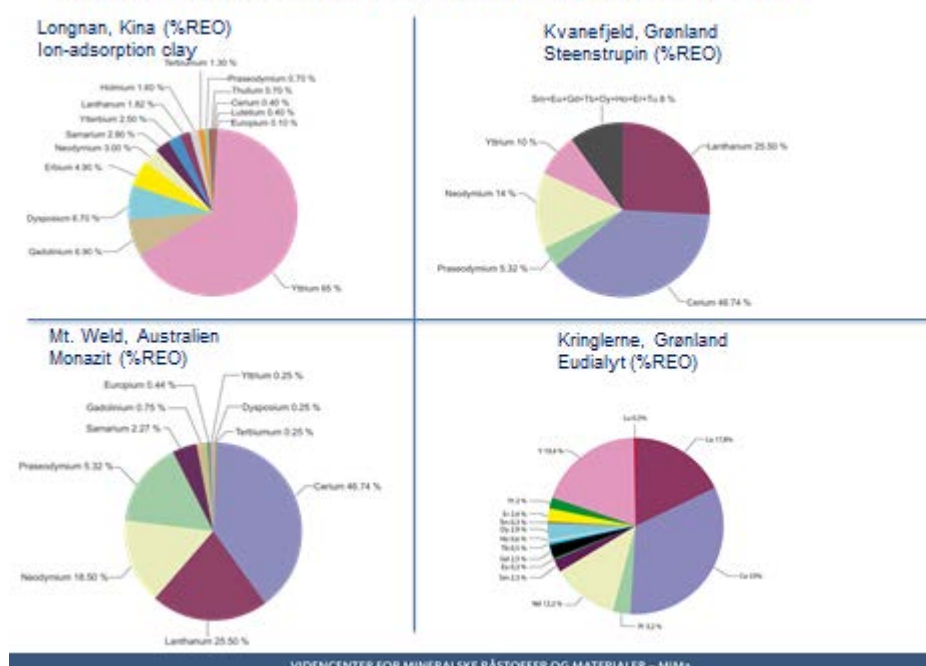
Sjældne jordarter er ikke jord men metaller. Sjældne jordarter er en gruppe af grundstoffer med beslægtede kemiske og fysiske egenskaber, som har unikke elektroniske egenskaber, som gør dem velegnede til magneter, som fosforescerende stoffer til skærme på lab-tops og smartphones.

Sjældne jordarter er ikke så sjældne endda. De er sjældne i solsystemet, men i jordens skorpe er de i mængder på niveau med nikkel, krom, tin, wolfram, titan og bly. Men de indbygges kun vanskeligt i de bjergartsdannende mineraler, og de koncentrerer derfor i nogle ret begrænsede geologiske miljøer.

Verden er ikke ved at løbe tør for REE-ressourcer. Med de kendte ressourcer og et forbrug på 200kt pr. år, vil der være nok til mere end 800 år. Hertil kommer de ressourcer, som er skønnet i tilknytning til ca. 700 kendte, ikke opmålte forekomster.

De mest betydende REE-forbrugende sektorer er permanente magneter, fosforescerende stoffer, den metallurgiske industri og batterier, katalysator markedet, teknisk keramik, glasindustrien og som poleringsmiddel til optiske produkter.

Forskellige mineraler har forskellige REE-forhold



Der er mere end ca. 300 forskellige REE mineraler, som tilhører forskellige mineralgrupper. Indholdet af REE i mineralerne kan variere fra ganske få procent til omkring 80 %, og desuden varierer forholdet mellem de lette sjældne jordarter (LREE) og de tunge (HREE).

Det betyder dels, at nogle mineraler er mere

interessante end andre, og også at hver ny REE-mine skal designe deres egen specifikke proces til først at isolere REE-mineralet og derefter til at få REE ekstraheret fra mineralet.

I 2013 forventes den samlede REE produktion at være ca. 120.000 tons, hvoraf Kina vil producere godt 80 % af REE. De resterende knap 20 % fordeler sig med 46 % i USA, 25 % i Australien, 13 % i Indien, 11 % i Rusland, 4 % Kazakhstan og 1 % i Syd Afrika.

Det estimeres, at REE produktionen i 2016 vil være omkring 143 kt mod en efterspørgsel på ca. 160 kt. Dette underskud vil enten skulle dækkes af et af de mere end 200 igangværende efterforskningsprojekter eller ved, at de eksisterende producenter øger produktionen. Der er 8 REE licenser i Grønland, hvoraf særligt 3 projekter er meget langt i undersøgelserne frem mod en mine.

Fra mine til mobil, Erika Machacek, GEUS



Det er en relativ ny erkendelse, at der eksisterer en global værdikæde for de individuelle sjældne jordarter, og interessenter prøver fortsat at positionere sig selv og partner op med andre i kæden, så det ikke bliver for omkostningstungt at bevæge sig downstream mod mere forædlede produkter og slutbrugeren.

Før 1890 var der ingen kommerciel brug af sjældne jordarter. I 1891 fik den østrigske kemiker Carl Auer von Welsbach succes med en glødelampe ($\text{ThO}_2\text{-CeO}_2$) til brug for gadebelysning. Først i 1930 blev glødelamperne afløst af elektrisk lys. Atomvåbenkapløbet i 1940'erne og 1950'erne satte skub i anvendelse af sjældne jordarter, og fra 1960 begyndte man at anvende sjældne jordarter i forskellige avancerede teknologier.

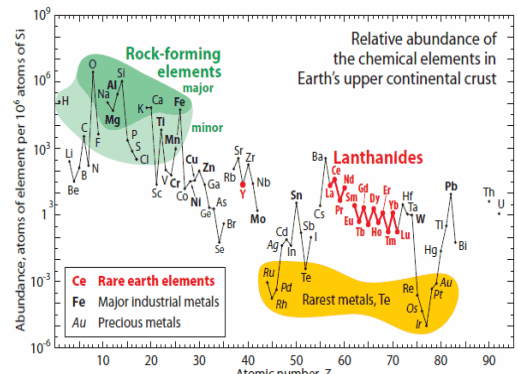
Kina producerer 95 % af verdens forsyninger af sjældne jordarter og anvender selv mere end 75 % af disse. Kina gør alt for at cementere sit monopol med eksport kvoter fra Kina og gennem de seneste tre år en minimering af disse kvoter. Ydermere er prisen på sjældne jordarter højere for ikke kinesiske virksomheder.

Desværre er det ikke let at komme ind på markedet som ny producent, da produktionskapaciteten i dag alene i Kina er så høj, at den vil kunne dække behovet mange år frem. Det vil tage lang tid for markedet at absorbere nye mængder, og produktionen skal samtidig være så kosteffektiv, at man kan konkurrere med Kina.

Sjældne jordarter – hvorfor netop dem? Jesper Bendix, KU

REE er 17 grundstoffer (15 lanthanoider samt yttrium og scandium). Lanthanoiderne er kemisk meget ens.

- Hårde metalioner med præference for oxygen- og flour-donorer
- Samme primære oxidationstrin (+3)
- Jævnt aftagende ionradius med voksende atomnummer.
- Opdelt i tidlige (ceritter) og sene (ytteritter).
- Høje koordinationsstal (9,8,7) for metalionen.
- Ingen foretrukne koordinationsgeometrier.
- Energimæssigt snævre elektroniske overgange – ofte i det synlige og infrarøde område.
- Altid maksimalt antal uparrede elektroner.



4f orbitaler fyldes efter 5p og 6s, og de skærmende valenselektroner giver lanthanoiderne deres *luminiscens* egenskaber.

4f orbitalerne repræsenterer den største "l" værdi i den kemiske del af Det Periodiske System, hvilket giver mange orbitaler med næsten samme energi, og dette giver lanthanoiderne deres *magnetiske* egenskaber.

Andre teknologier vil ikke kunne overflødiggøres sjældne jordarters metaller.

Sjældne jordarters magneter i motorer og pumper, Henrik Ørskov Pedersen, Grundfos

Pumper forbruger 10 % af al elektrisk energi i verden. Et skift til højeffektive pumper kan spare 4 %. Siden 90'erne har REE (magneter) indgået i Grundfos' pumper. For Grundfos er det meget relevant, hvor hurtigt markedet kan reagere på efterspørgsel af REE – det er mindre relevant, om der er ressourcer nok til 500 eller 1000 år. Alle kan i dag få, det de vil, men prisen dikteres af Kina.



Grundfos har ikke været tilstrækkelig tilfreds med miljøforholdene i forbindelse med Kinas minedrift, og de er derfor selv gået i dialog med forsyningskæden. Det er væsentligt, at prisen på REE er tilstrækkelig høj til, at leverandøren kan leve, så afhængigheden af Kina ikke bliver for stor igen.

Grundfos har positive erfaringer med to pilotprojekter om genanvendelse af gamle pumper og vil arbejde videre mere med genbrug.

Genbrug af REE, Tom Ellegaard, Averhoff A/S



Averhoff har indsamlet elektronik affald siden 1985. Virksomheden er i dag ejet 80 % af finske Kuusakoski OY. Averhoff er en af to virksomheder i Danmark, som indsamler elektronik.

Averhoff har stor erfaring i miljørigtig og rationel adskillelse og efterbehandling af elektronik udstyr. Kasseret elektronik indsamles landsdækkende og transporteres til et af Averhoffs produktionslokaler, hvor det sorteres i op til 20 fraktioner. Der kan almindeligvis genvindes 86-97 % af materialerne. Resten er træ og plastik, som brændes.

Averhoff deltager i et Miljøteknologisk udvikling og demonstrationsprogram projekt om udvikling af teknologier til øget udnyttelse af særligt REE ressourcer i elektronikaffald.

Udfordringerne er at vælge de rigtige produkter, generere en opkoncentration, udvinde med høj renhed, markedsforberede stoffet, foretage en økonomisk vurdering og finde samarbejdspartnere.

Konferencer annonceret på dagen

22.-23. oktober. Materials and application, Ålborg

[Se program](#)

Primo 2014. Miljøstyrelsen. Strategisk samarbejde for genanvendelse af elektronikaffald

Miljøstyrelsen forventer at holde en kick-off-konference for et strategisk samarbejde for genanvendelse af elektronikaffald primo 2014. Fokus vil være på de kritiske ressourcer, som elektronik indeholder meget af, og hvor størstedelen i dag går tabt i forbindelse med affaldshåndteringen. Formålet med samarbejdet er at fremme og stimulere udviklingssamarbejder på tværs af sektorer samt at udpege særlige danske potentialer for teknologiudvikling.