junior Geologerne

Mineralske råstoffers dannelse: Jern og kobber

maj 2020

Per Kalvig

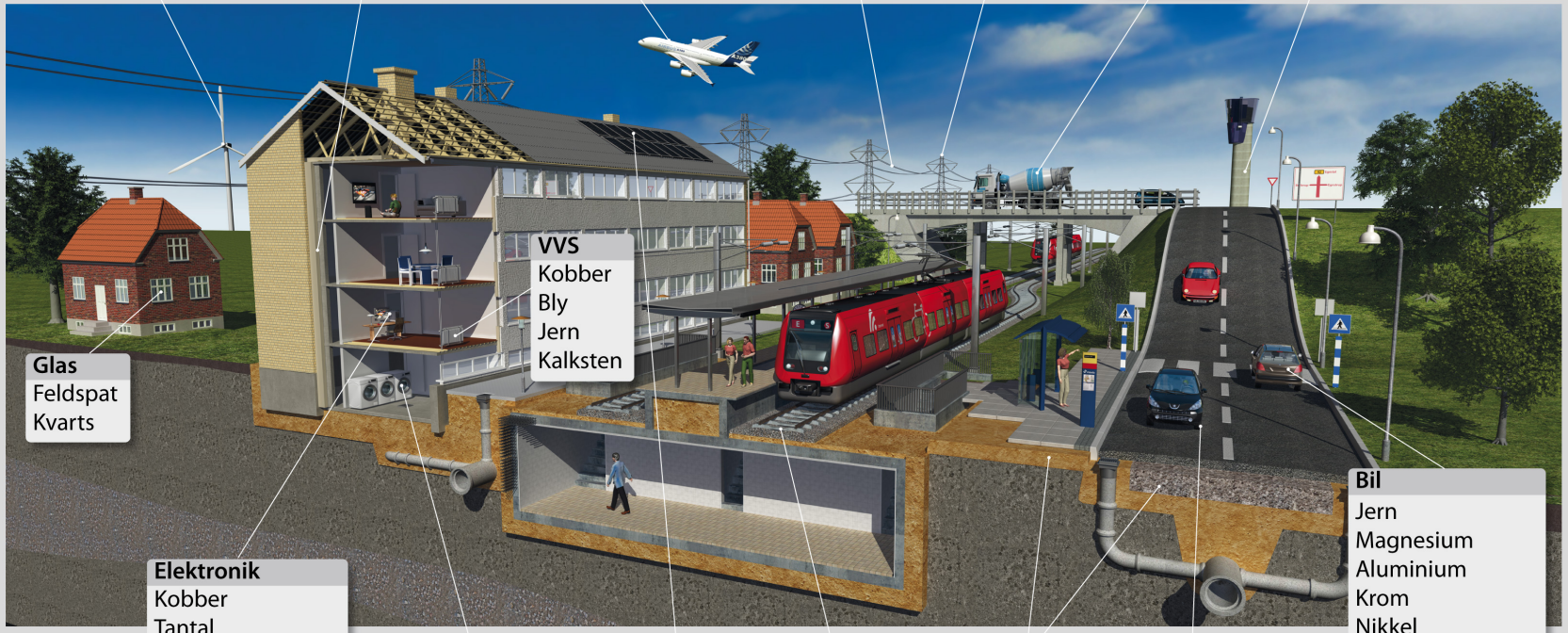
NORDEA FONDEN
Vi støtter gode liv

Læringspointer

- Jeg forstår, hvad mineralske råstoffer er, og hvorfor de er vigtige for os alle.
- Jeg forstår begrebet en råstofforekomst.
- Jeg forstår, at det er geologien, der bestemmer, hvor der kan brydes mineralske råstoffer.
- Jeg forstår, at minerne ligger, hvor naturen har koncentreret grundstofferne.
- Jeg kan forklare nogle af de processer, som mineraler skal forarbejdes igennem, inden det kan bruges i de varer jeg køber.
- Jeg forstår, at det er geologerne som har viden til at finde nye forekomster.

Råstoffer – jern og kobber

Alt hvad vi ikke kan dyrke skal graves op af jorden. Det er de mineralske råstoffer



Vindmølle
Jern
Kobber
Aluminium
Zink
Grafit
Sjældne jordarter

Bygning
Mursten (ler)
Beton (sand & grus, cement)
Jern
Maling (kalksten, titan)
El (kobber, jern)

Fly
Aluminium
Jern
Magnesium
Zink
Titanium
Kobber
Sjælne jordarter

El-ledninger
Kobber
Jern

El-mast
Jern
Zink
Aluminium
Kobber
Feldspat
Kvarts

Lastbil
Jern
Aluminium
Bly
Kobber
Zink
Magnesium
Kvarts

Beton
Cement (kalksten)
Sand & grus
Jern

VVS
Kobber
Bly
Jern
Kalksten

Glas
Feldspat
Kvarts

Elektronik
Kobber
Tantal
Sjældne jordarter
Niobium
Indium
Guld
Aluminium
Kvarts
Jern

Hårde hvidevarer
Jern
Aluminium
Zink
Kobber

Solceller
Indium
Gallium
Aluminium

Skinner
Jern
Sand & grus
Kalksten

Underlag
Sand & grus
Sten

Gummi
Dolomit
Kalksten
Talk
Grafit

Bil
Jern
Magnesium
Aluminium
Krom
Nikkel
Sjældne jordarter
Bly
Zink
Kalksten
Grafit
Titan
Kvarts

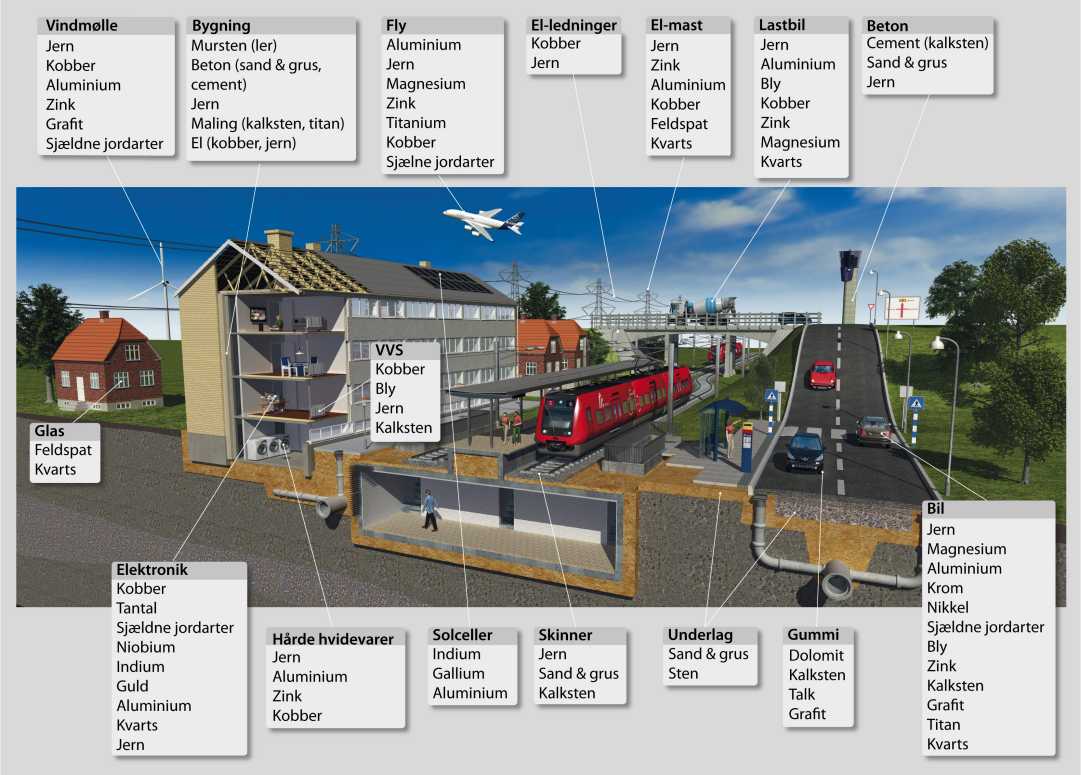
Alt hvad vi ikke kan dyrke skal graves op af jorden. Det er de mineralske råstoffer

Langt det meste af det vi omgiver os med er lavet af råstoffer, som ikke kan dyrkes.

Danmark producerer kun en meget lille del af de mineralske råstoffer vi bruger.

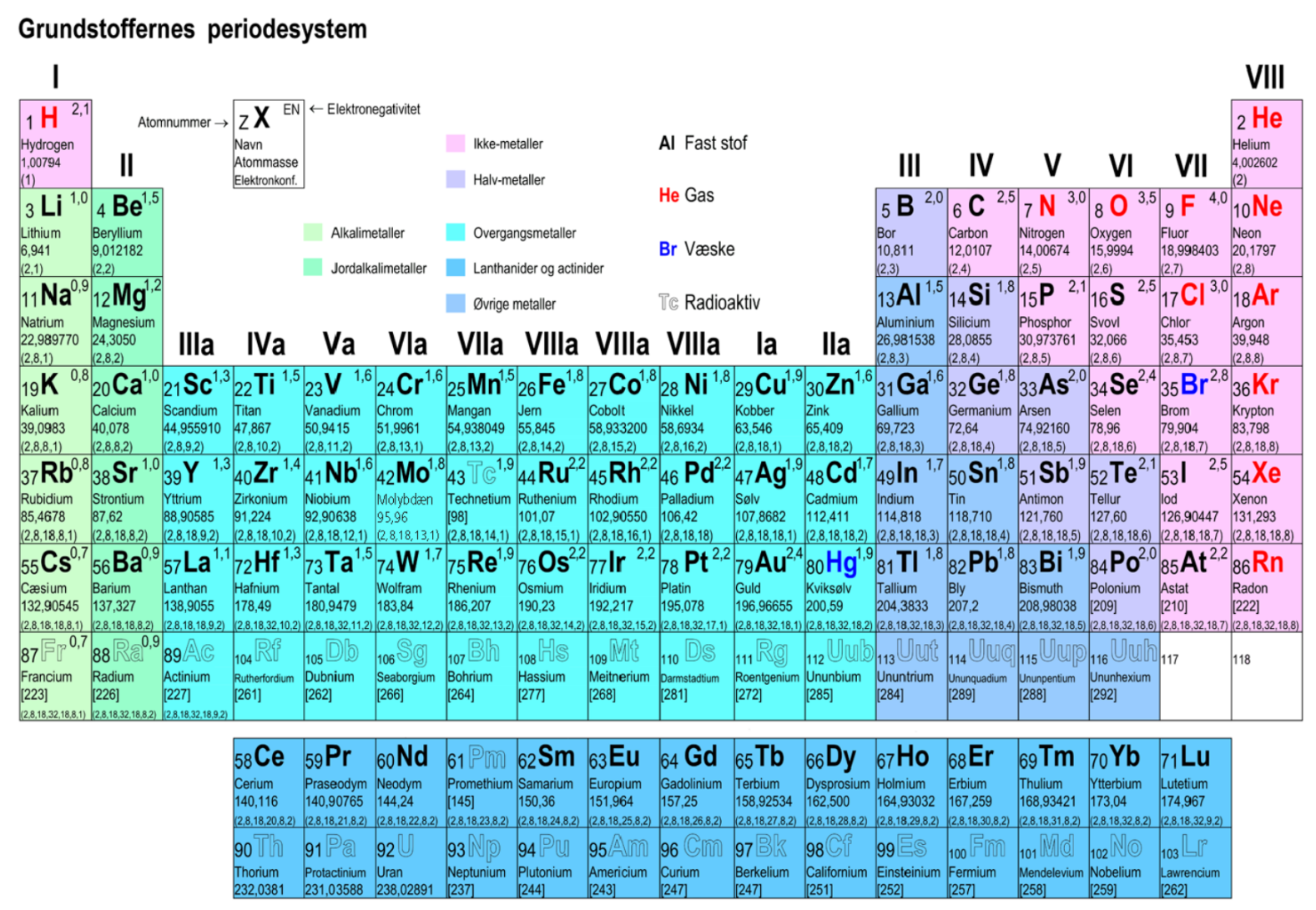
Det meste graves op og forarbejdes i andre lande.

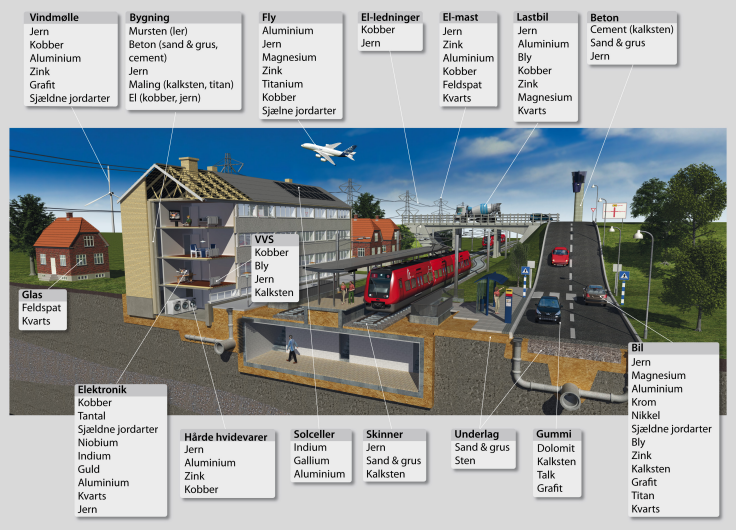
Opgave



Se rundt i klasselokalet, i skolegården eller på gaden. Noter med din sidemakker, hvilke råstoffer I får øje på.

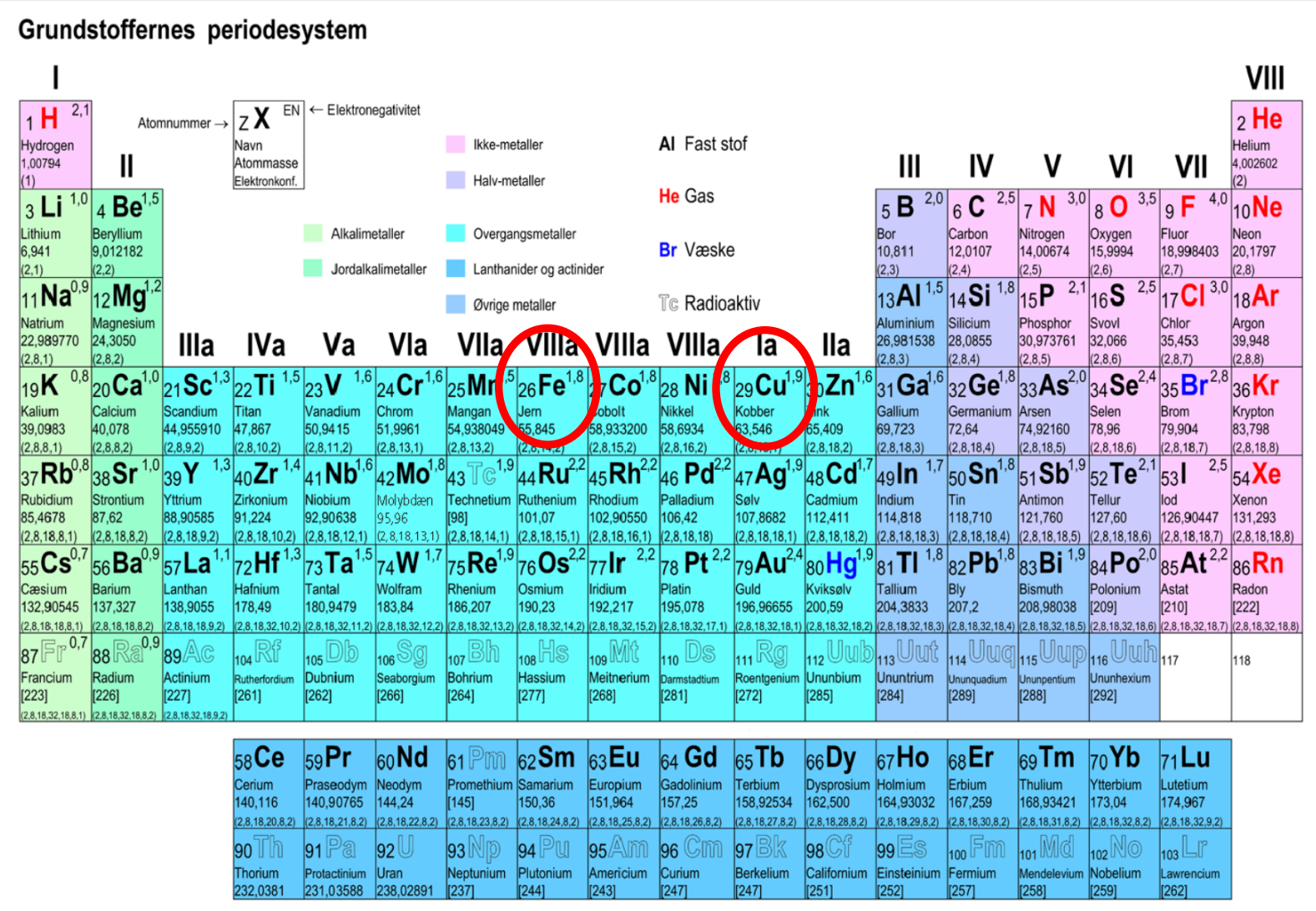
Mineraler indeholder vigtige grundstoffer

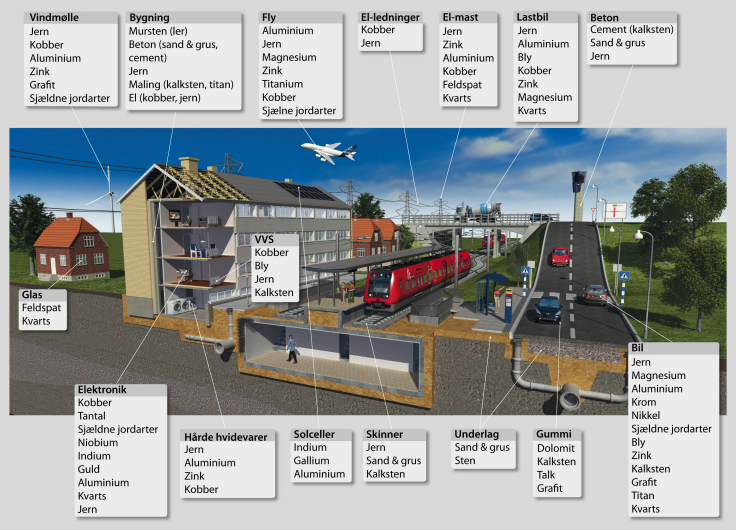




Fordi: Grundstoffer udvindes fra mineraler – og bliver forarbejdet til råstoffer, som bliver forarbejdet til varer.

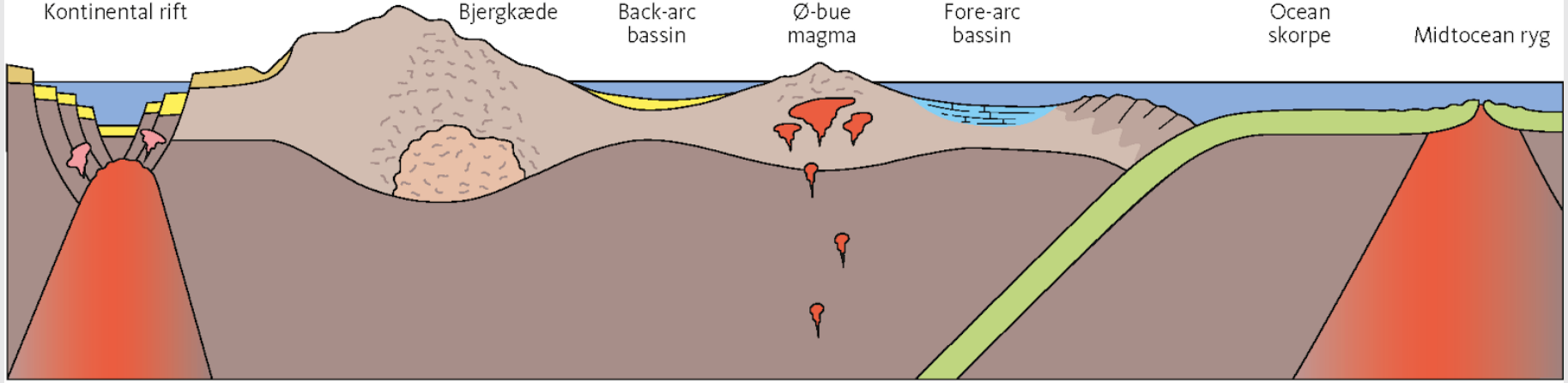
I det følgende sættes fokus på metallerne jern (Fe) og kobber (Cu)





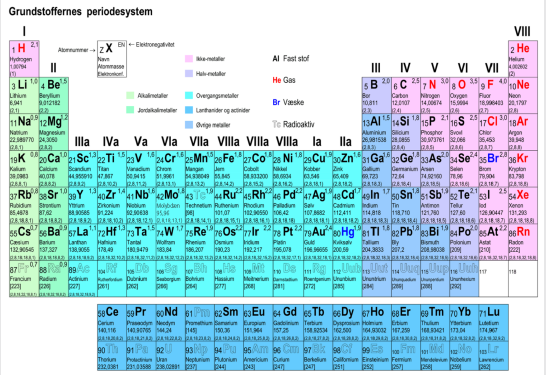
Fordi: Jern og kobber er to af de metaller, der bliver brugt mest af.

Kendskab til geologi er en forudsætning for at forstå hvor grundstofferne findes og hvorfor



Magmatiske malme/ sedimentære malme	Placer forekomster/ Latherither	Årer: kontakt metamorfose	Sulfid–malme Evaporiter	Porpyriske og hydroter-male malme	Sedimentære malme	Magmatiske malme	Mangan noduler	Sulfid malme
Niobium Lithium Sjældne jordarts metaller Zirkonium Krom/kobber, zink, bly, sølv	Smykkesten Tin Zirkonium Guld Nikkel Aluminium	Tin Wolfram Bismuth Kobber	Tin Wolfram Bismuth Kobber Lithium	Kobber Guld Sølv Tin Bly Kviksølv Molybdæn	Bly Zink Kobber	Krom	Mangan Kobolt Nikkel	Kobber Zink Jern Bly

Kappe
Oceanskorpe
Kontinentalskorpe
Granit
Magma
Sedimenter med sulfit-malm eller evaporiter
Sedimenter med sedimentære malme
Intrusive bjergarter med sjældne jordarts-metaller Ni, Li, Zi
Sedimenter med latherit og placer forekomster
Årer med Kobber, guld m.m.



Figuren viser:
Det er et områdes geologiske udvikling der er afgørende for hvilke grundstoffer der findes i undergrunden.

Råstoffer – jern og kobber

I det følgende ser vi på fem trin som bringer jern og kobber fra undergrunden til de varer vi bruger

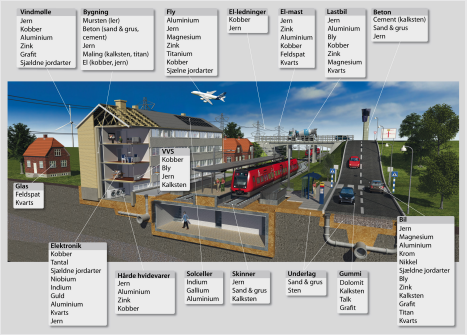
1 **Metallerne skal findes** → Geologer vælger interessante områder → Områderne vurderes → Opbygning af ny mine

2 **Minedrift** → Brydning → Knusning og sortering → Mineralkoncentrat

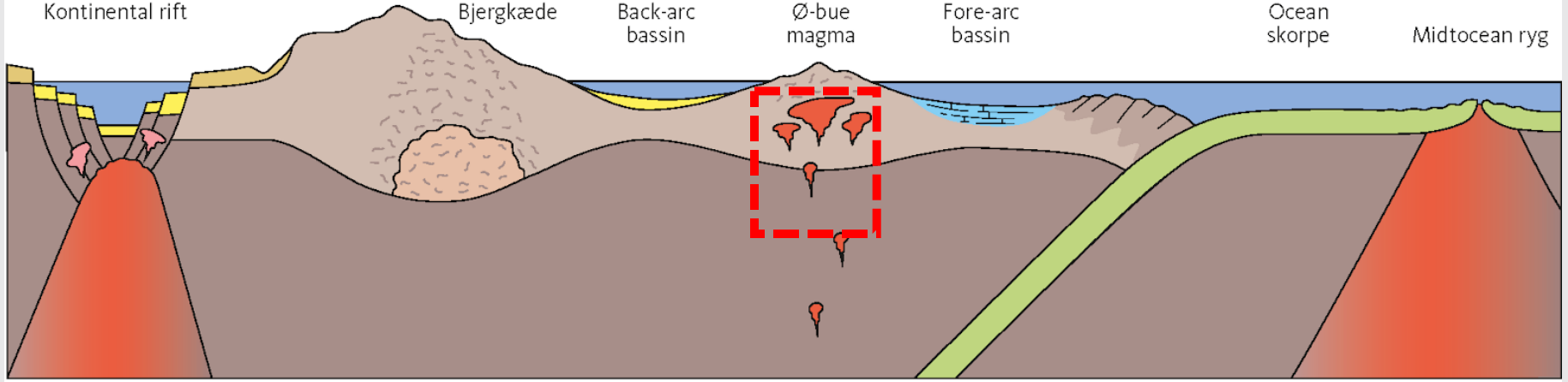
3 **Smeltning** → Raffinering → Råmetal

4 **Forarbejdning af råmateriale** → Råvarer til industrien

5 **Fremstilling af varer** → Komponenter til industrien → Biler, tog, fly, cykler, smartphones, huse, ..., ...

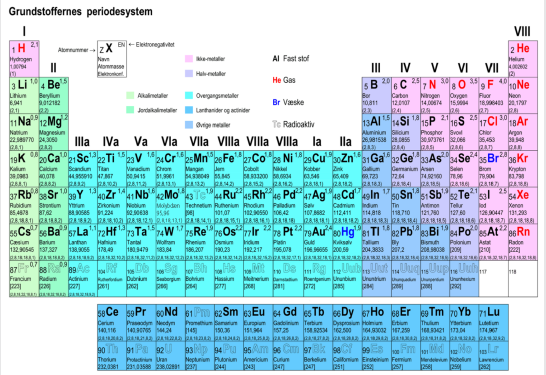


Kobberminerne ligger hvor de geologiske processer har koncentreret Cu



Magmatiske malme/ sedimentære malme	Placer forekomster/ Latherither	Årer: kontakt metamorfose	Sulfid–malme Evaporiter	Porpyriske og hydroter-male malme	Sedimentære malme	Magmatiske malme	Mangan noduler	Sulfid malme
Niobium Lithium Sjældne jordarts metaller Zirkonium Krom/kobber, zink, bly, sølv	Smykkesten Tin Zirkonium Guld Nikkel Aluminium	Tin Wolfram Bismuth Kobber	Tin Wolfram Bismuth Kobber Lithium	Kobber Guld Sølv Tin Bly Kviksølv Molybdæn	Bly Zink Kobber	Krom	Mangan Kobolt Nikkel	Kobber Zink Jern Bly

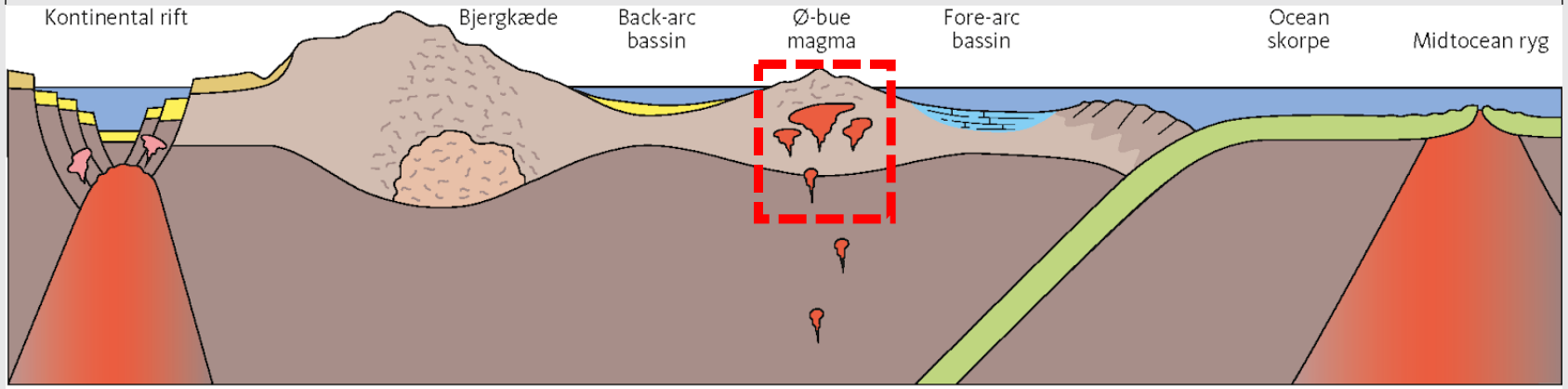
Kappe
Oceanskorpe
Kontinentalskorpe
Granit
Magma
Sedimenter med sulfit-malm eller evaporiter
Sedimenter med sedimentære malme
Intrusive bjergarter med sjældne jordarts-metaller Ni, Li, Zi
Sedimenter med latherit og placer forekomster
Årer med Kobber, guld m.m.



Figuren viser:
Det er et områdes geologiske udvikling der er afgørende for hvilke grundstoffer der findes i undergrunden.

Kobberminerne ligger hvor de geologiske processer har koncentreret Cu

Geologiske miljøer



Geologiske typer	Magmatiske malme/ sedimentære malme	Placer forekomster/ Latherither	Årer: kontakt metamorfose	Sulfid–malme Evaporiter	Porpyriske og hydroter-male malme	Sedimentære malme	Magmatiske malme	Mangan noduler	Sulfid malme
Metaller	Niobium Lithium Sjældne jordarts metaller Zirkonium Krom/kobber, zink, bly, sølv	Smykkesten Tin Zirkonium Guld Nikkel Aluminium	Tin Wolfram Bismuth Kobber	Tin Wolfram Bismuth Kobber Lithium	Kobber Guld Sølv Tin Bly Kviksølv Molybdæn	Bly Zink Kobber Jern	Krom	Mangan Kobolt Nikkel	Kobber Zink Jern Bly

Geologiske enheder

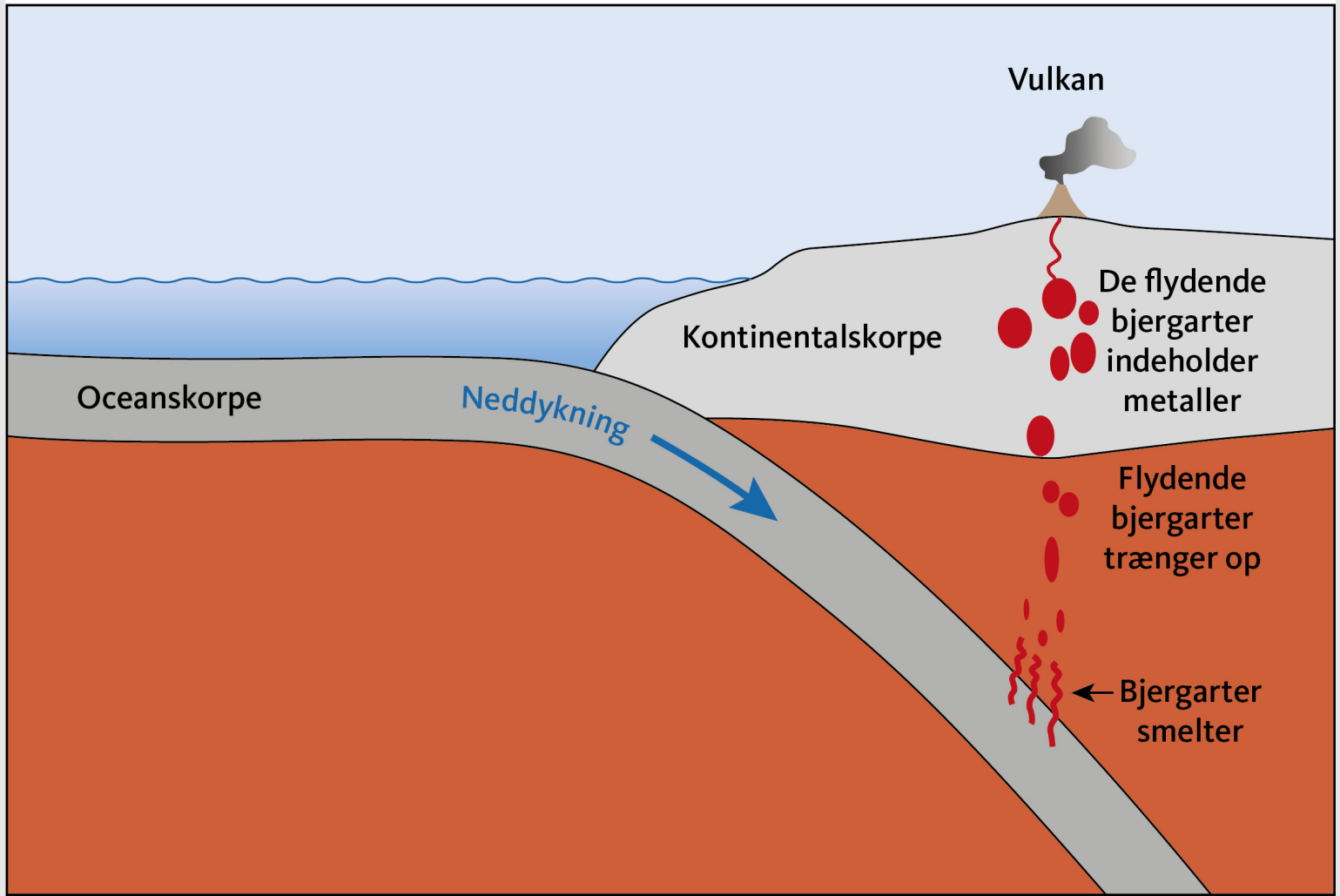
Kappe | Oceanskorpe | Kontinentalskorpe | Granit | Magma

Sedimenter med sulfit-malm eller evaporiter | Sedimenter med sedimentære malme | Intrusive bjergarter med sjældne jordarts-metaller Ni, Li, Zi | Sedimenter med latherit og placer forekomster | Årer med Kobber, guld m.m.

Kullberg, Kalvig & Rink 2020

Hvordan dannes kobberforekomster?

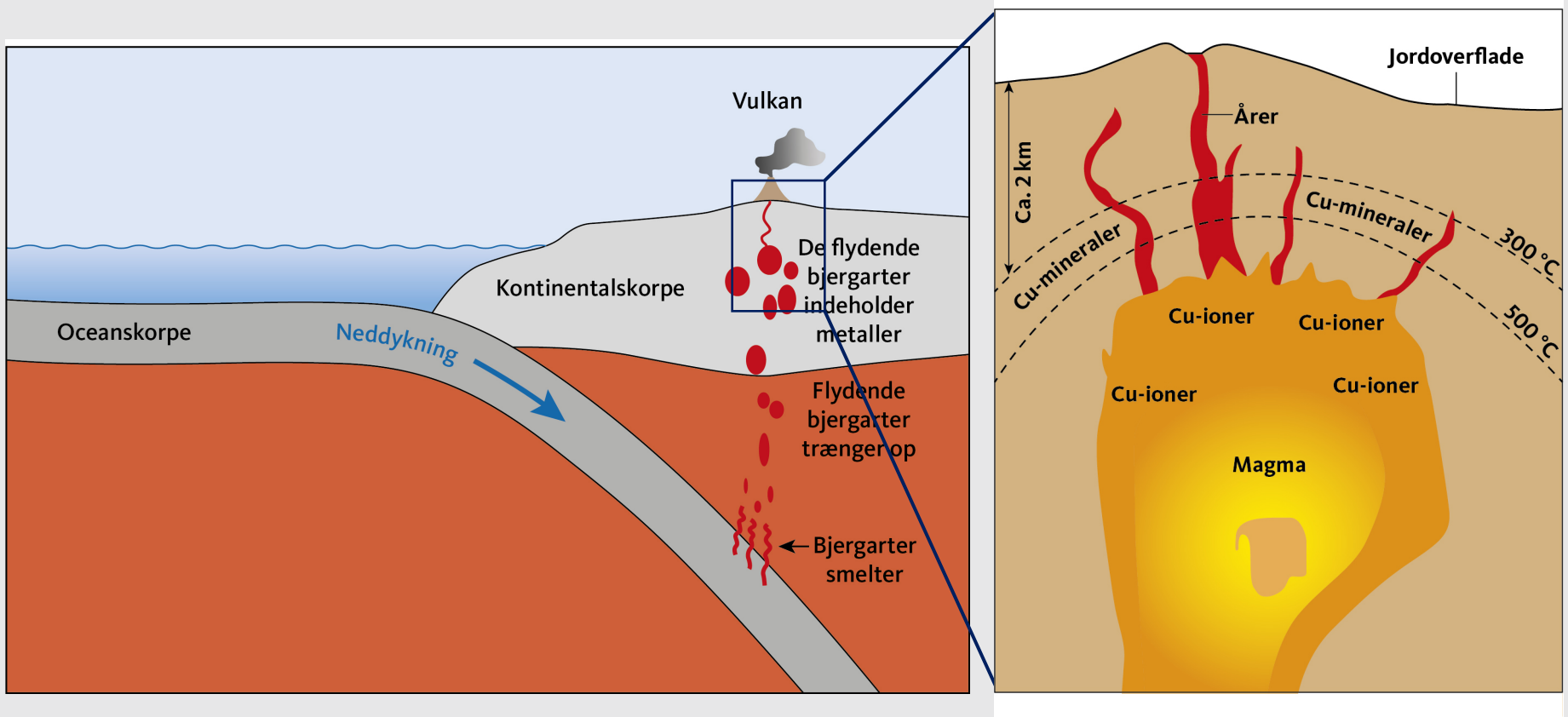
Opsmeltning af oceanbund danner nye metalforekomster



Områder med særligt højt indhold af kobber – kaldes kobberforekomster.
Kobberforekomster er resultat af geologiske processer, som det har taget millioner af år at danne.

Hvordan dannes kobberforekomster?

Når den neddykkende oceanplade når stor dybde, smelter den, og der dannes granitsmelter og vanddampe. Når vanddampene er 600° C varme, kan de indeholde opløst kobber. Men dampene afkøles på deres vej opad; ved ca. 350° C udfælder kobber i bjergartens meget små hulrum.



Geologerne kalder den kobbertype for Porfyrtypen.

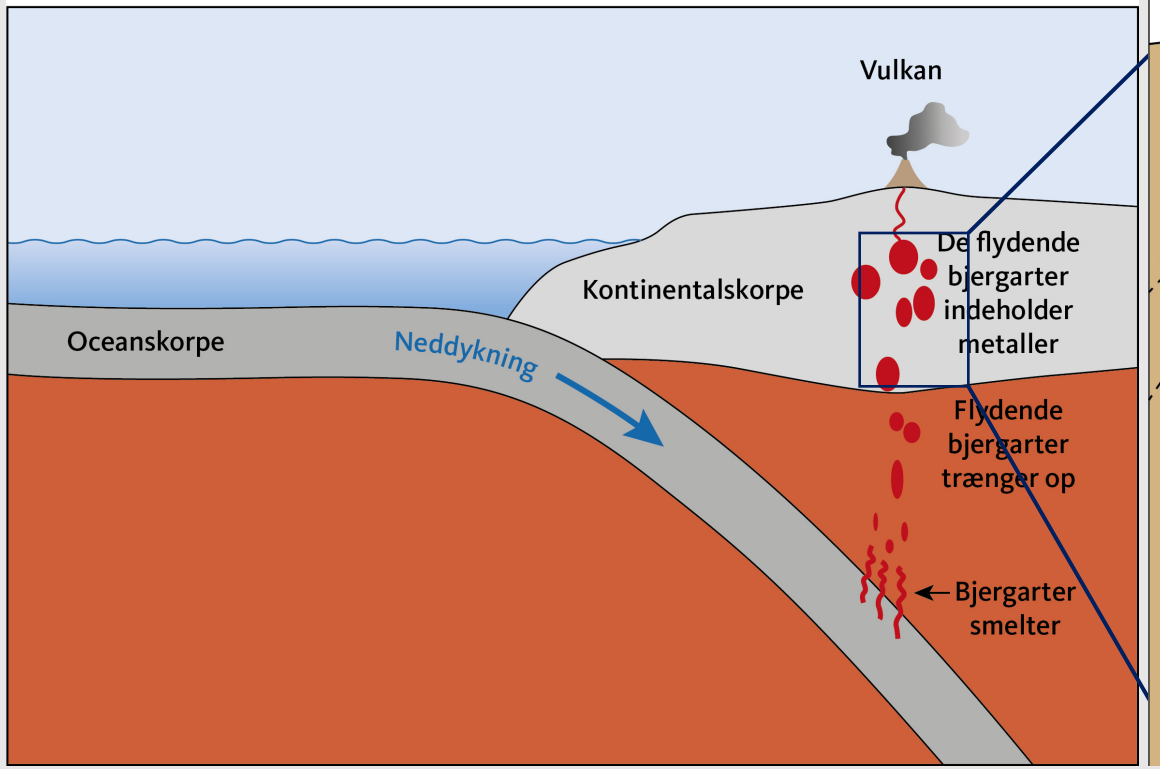
I denne type er det vigtigste kobbermineral – chalcopyrit, som består af kobber, jern og svovl ($CuFeS_2$).

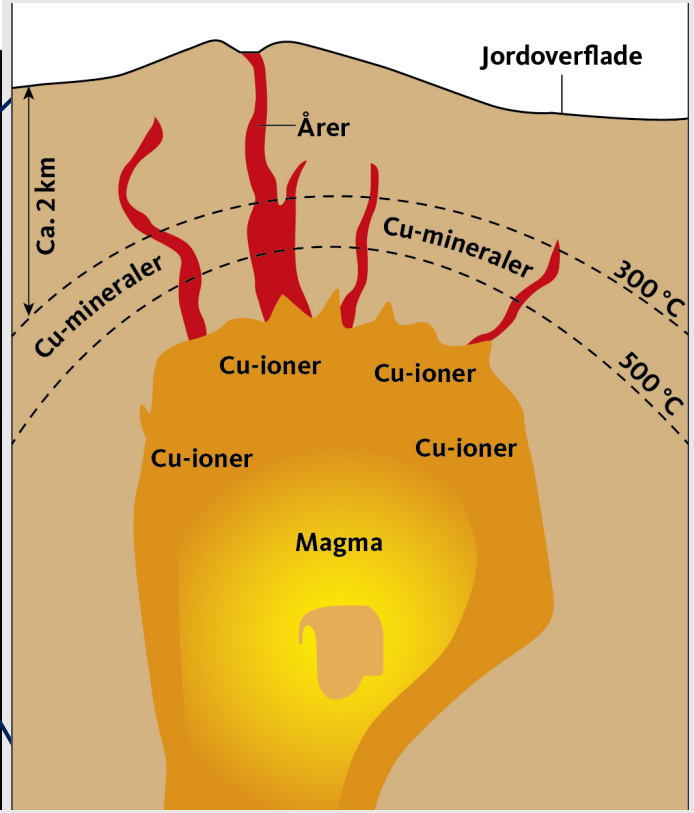
Hvordan dannes kobberforekomster?

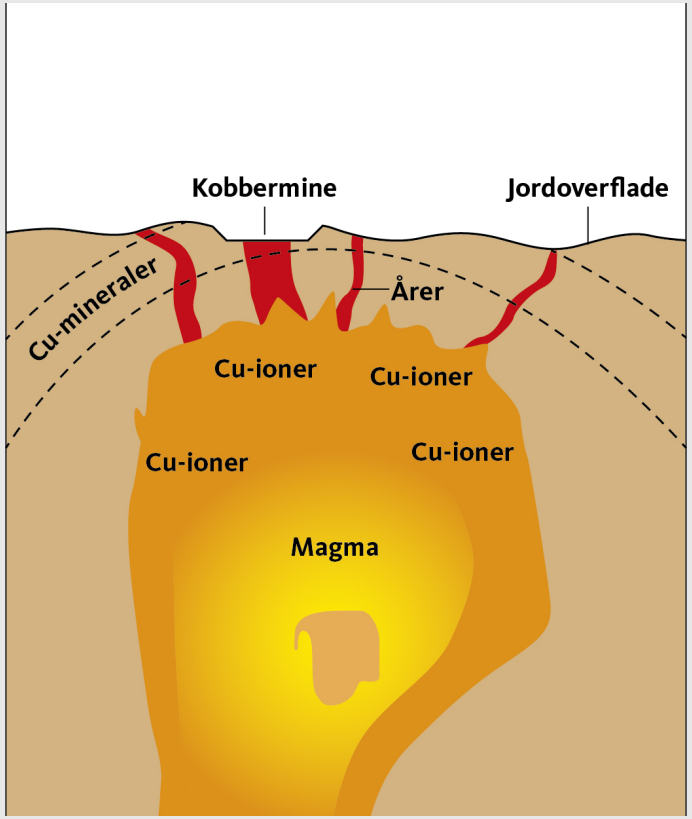
Områder med særligt højt indhold af kobber – kaldes kobberforekomster. Kobberforekomster er resultat af geologiske processer, som det har taget millioner af år at danne.

Millioner af år senere, er terrænet eroderet ned til kobberforekomsten og kobber kan brydes i en mine.

Opsmeltning af oceanbund danner nye metalforekomster

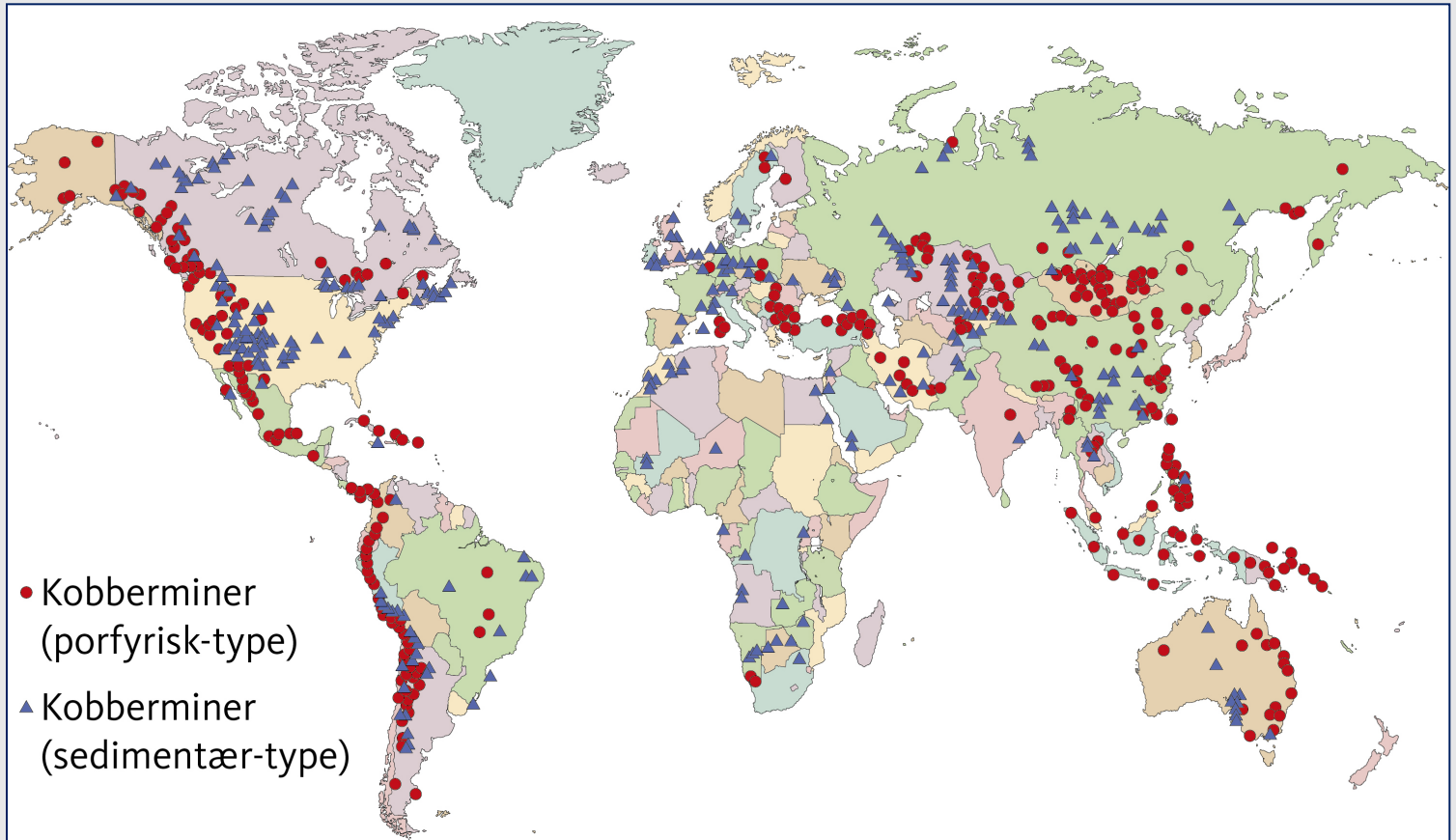




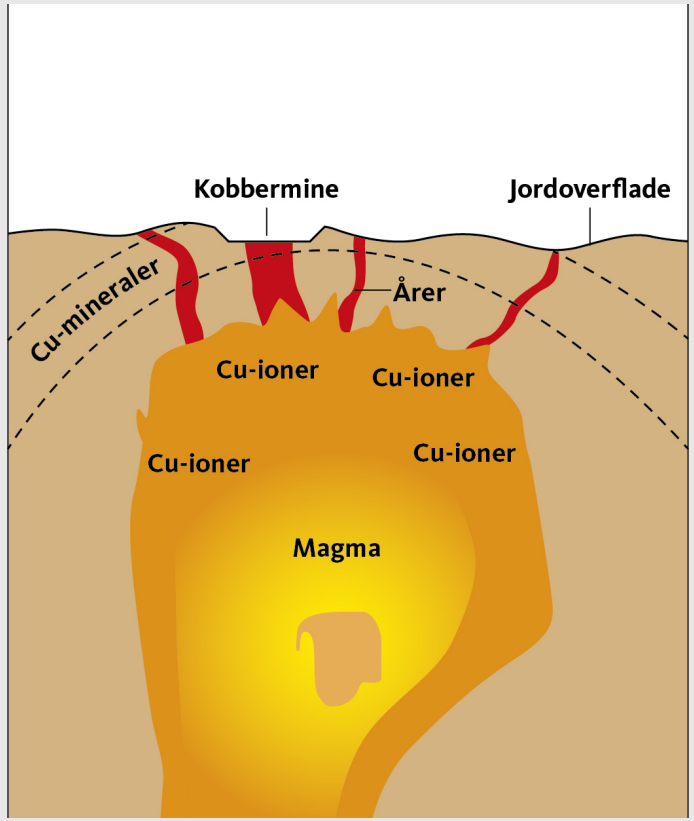


Verdens kobberminer

Den porpyriske type kobberforekomst (røde prikker) kendes især fra Chile, Peru og Indonesien. Det er områder hvor oceanbundsplader er smeltet og kobber er blevet koncentreret. Det er denne type som forsyner os med det meste kobber.

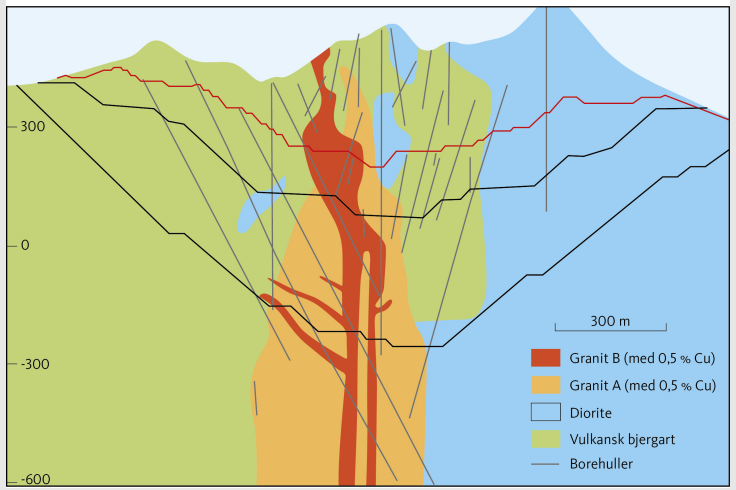


Geologerne kalder den kobber type for Porfyrtypen. I denne type er det vigtigste kobbermineral – chalcopyrit, som består af kobber, jern og svovl ($CuFeS_2$).



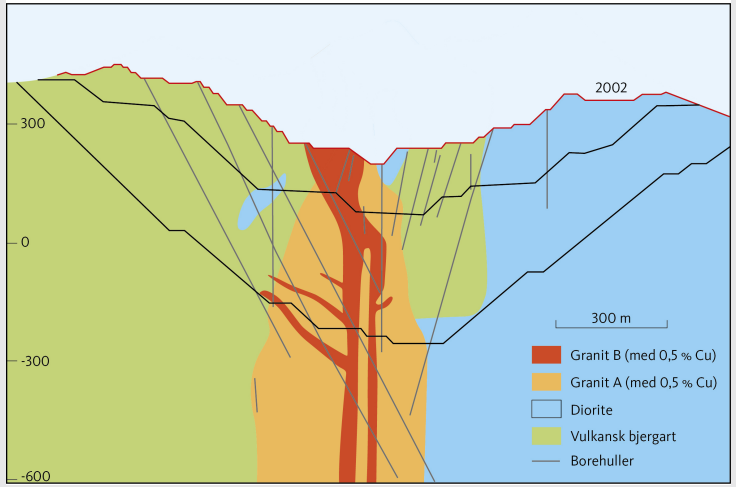
Alle miner tømmes på et tidspunkt – og nye skal findes

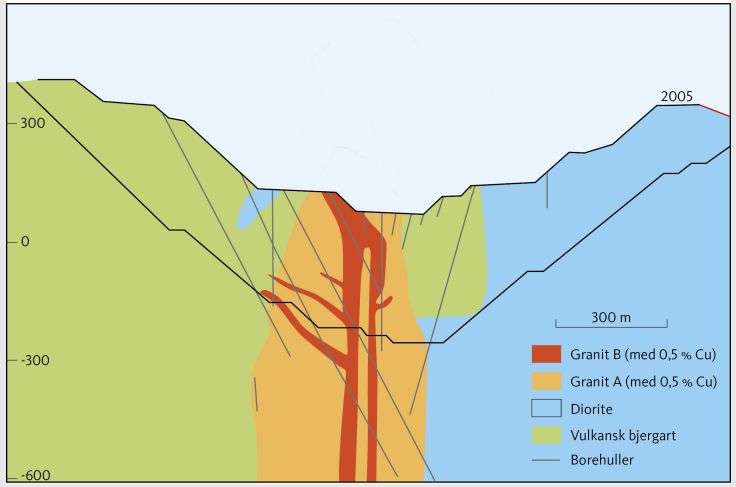
Her ser du hvordan en kobbermine er vokset i løbet af 17 år

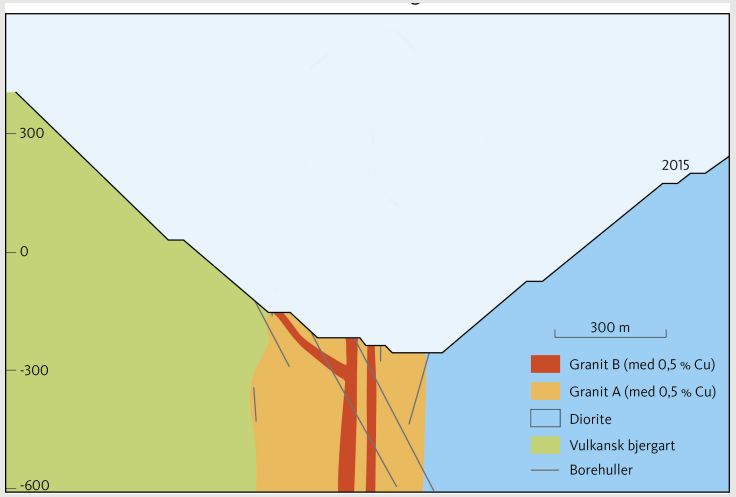


Eksempel fra en kobbermine i Indonesien. Mineselskabet står overfor et valg: Hvis minen skal fortsætte skal der laves en underjordisk mine, for at få fat i det dybtliggende kobber. Hvis minen lukkes, vil resten af kobberet være tabt.

I gennemsnit indeholder disse typer 1% kobber. For at bryde 1 ton kobber skal mineselskabet altså bryde 100 ton af de kobberholdige bjergarter.

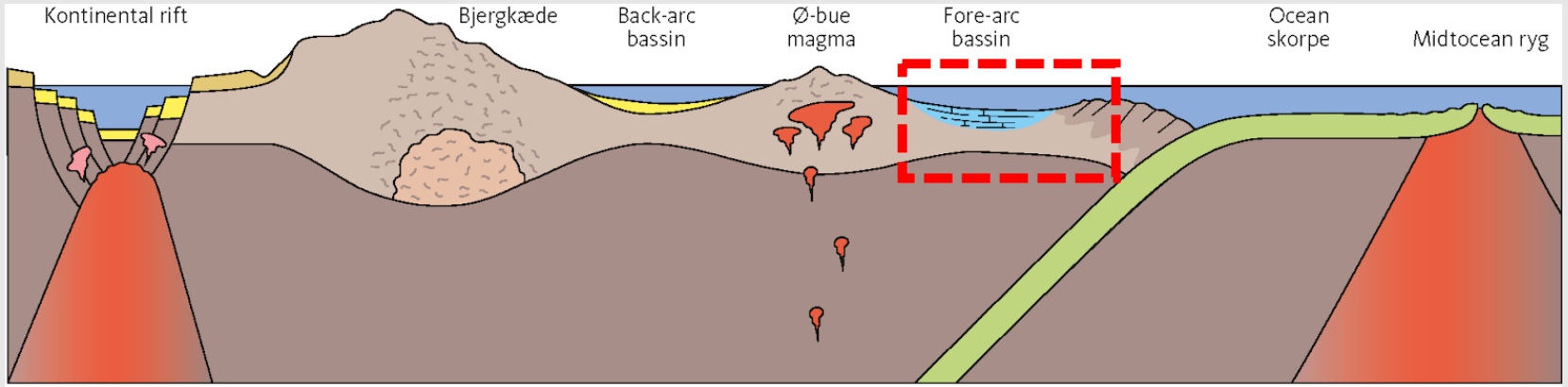






Jernminer ligger hvor de geologiske processer har koncentreret jern

Geologiske miljøer



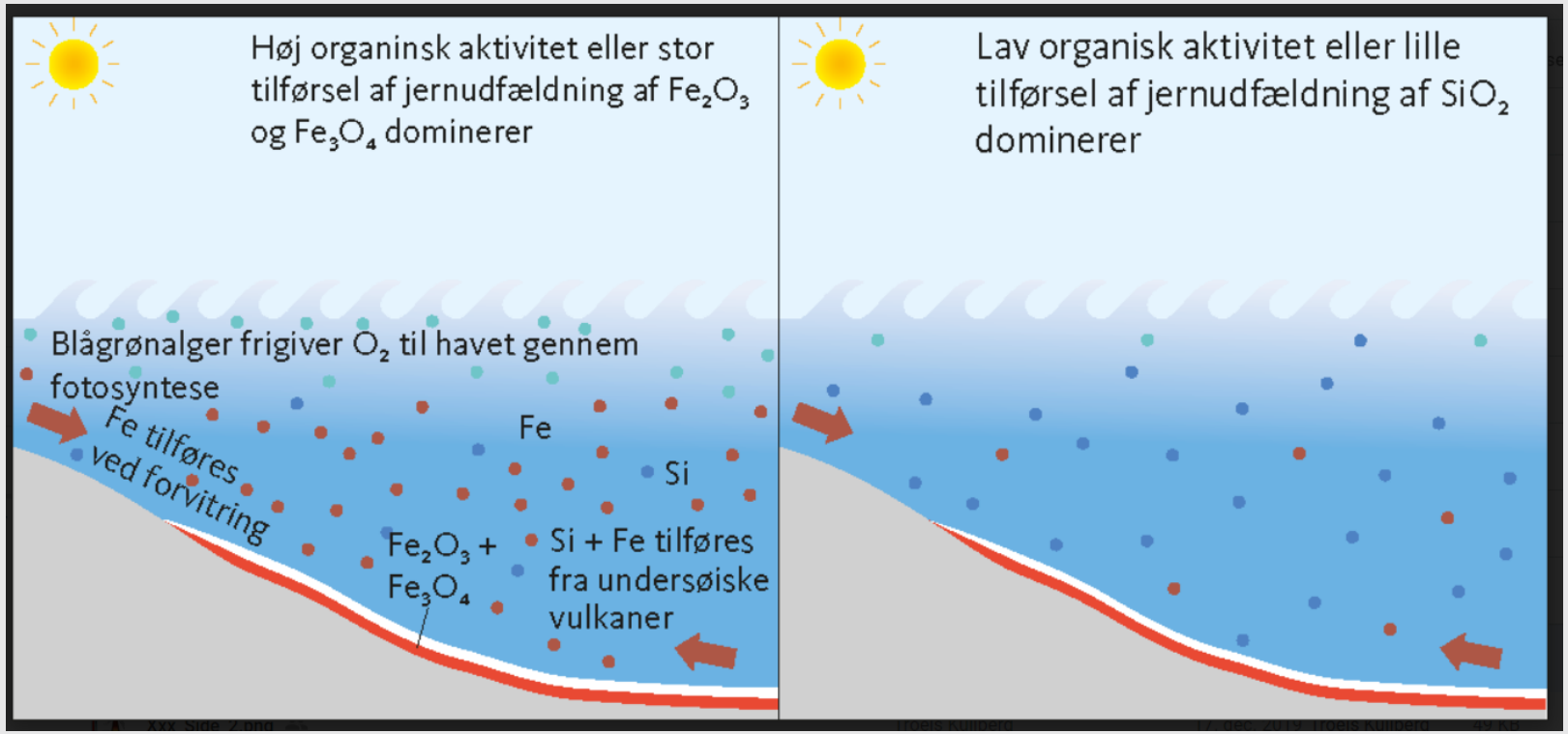
Magmatiske malme/ sedimentære malme	Placer forekomster/ Latherither	Årer: kontakt metamorfose	Sulfid–malme Evaporiter	Porpyriske og hydroter-male malme	Sedimentære malme	Magmatiske malme	Mangan noduler	Sulfid malme
Niobium Lithium Sjældne jordarts metaller Zirkonium Krom/kobber, zink, bly, sølv	Smykkesten Tin Zirkonium Guld Nikkel Aluminium	Tin Wolfram Bismuth Kobber	Tin Wolfram Bismuth Kobber Lithium	Kobber Guld Sølv Tin Bly Kviksølv Molybdæn	Bly Zink Kobber Jern	Krom	Mangan Kobolt Nikkel	Kobber Zink Jern Bly

Kullberg, Kalvig & Rink 2020

Kappe
Oceanskorpe
Kontinentalskorpe
Granit
Magma
Sedimenter med sulfit-malm eller evaporiter
Sedimenter med sedimentære malme
Intrusive bjergarter med sjældne jordarts-metaller Ni, Li, Zi
Sedimenter med latherit og placer forekomster
Årer med Kobber, guld m.m.

Hvordan dannes jernforekomster

Først lidt kemi: Opløst jern vil gerne binde sig til ilt. Men hvis der ikke er ilt, kan jern forblive opløst – i f.eks. havvand. Tilføres der ilt, vil jern danne forbindelsen jern-oxid som vil bundfælde.



Så lidt geologi: I Jordens tidlige historie var der ikke ilt i atmosfæren, og jern kunne derfor være opløst i verdenshavene. Tilførsel af jern kom især fra vulkanudbrud på havbunden.

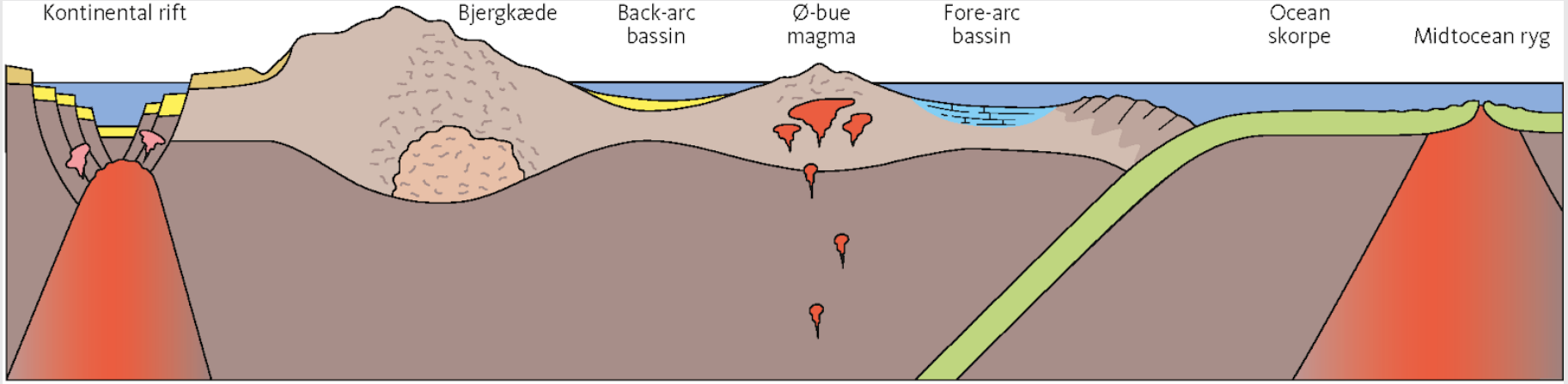
Men på et tidspunkt dannede blå-grønalger store mængder ilt og det opløste jern udfældede. Denne proces varede i mange millioner år, og dannede tykke jernrige lag på havbunden, de kaldes for BIF (Banded Iron Formations).

Disse lag blev til de vigtigste jernforekomster som i dag forsyner os med jern. Lagene ligger ikke længere på havbunden, fordi de tektoniske processer har flyttet lagene så de nu kan findes højt oppe i bjergene.

Trin 1 Metallerne skal findes og miner skal åbnes

1

Metallerne skal findes	Geologer vælger interessante områder	Områderne vurderes	Opbygning af ny mine
Mineselskabet beslutter sig for at finde nye forekomster af metaller (fx jern, kobber, aluminium).	Mineselskabet bruger geologiske kort til at finde områder som kunne indeholde metallet	Geologerne samler alle brikkerne om forekomsten og vurderer om den er stor nok og god nok til minedrift.	Der skal bygges boliger, fabrik, laves strøm, veje, togbaner og havn.



Trin 1 Metallerne skal findes og miner skal åbnes

1

Metallerne skal findes → Geologer vælger interessante områder → Områderne vurderes → Opbygning af ny mine

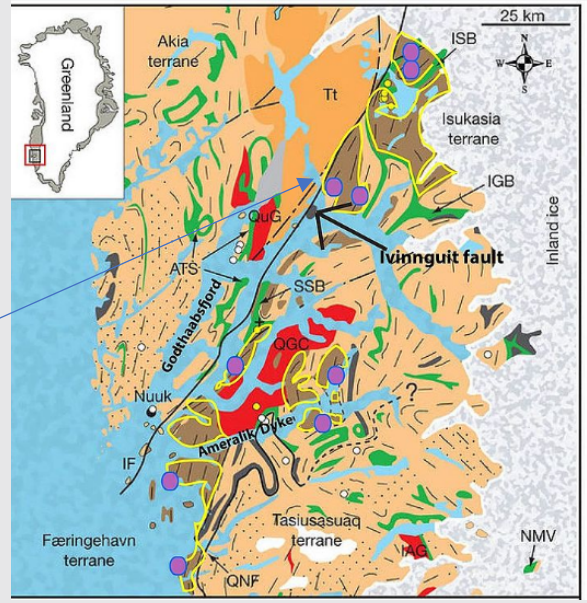
Mineselskabet beslutter sig for at finde nye forekomster af metaller (fx jern, kobber, aluminium).

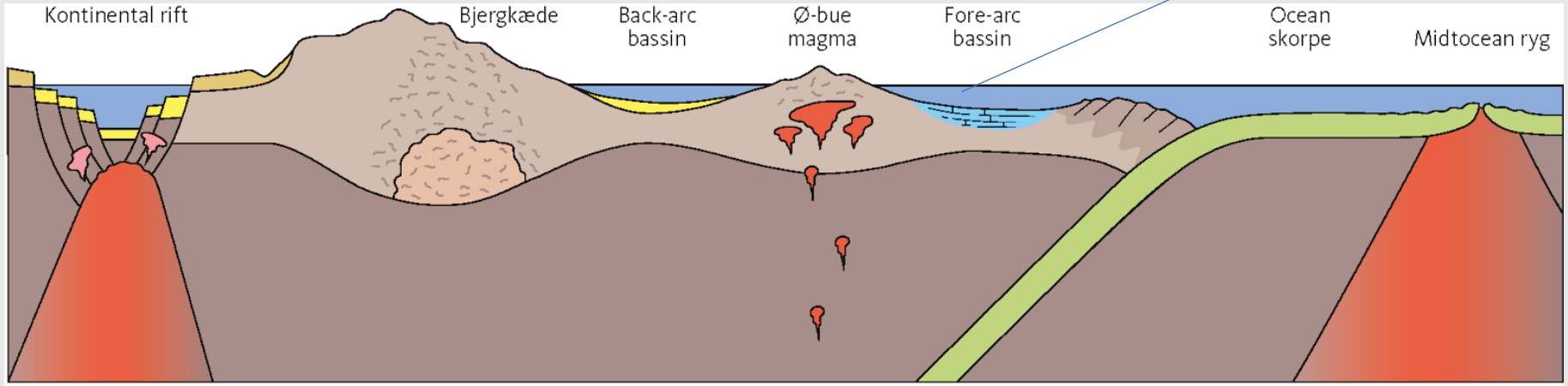
Mineselskabet bruger geologiske kort til at finde områder som kunne indeholde metallet

Geologerne samler alle brikkerne om forekomsten og vurderer om den er stor nok og god nok til minedrift.

Der skal bygges boliger, fabrik, laves strøm, veje, togbaner og havn.

Isua jernforekomst i Grønland kan en dag blive en ny jernmine





Trin 1 A Metallerne skal findes

Geokemi kan finde interessante områder

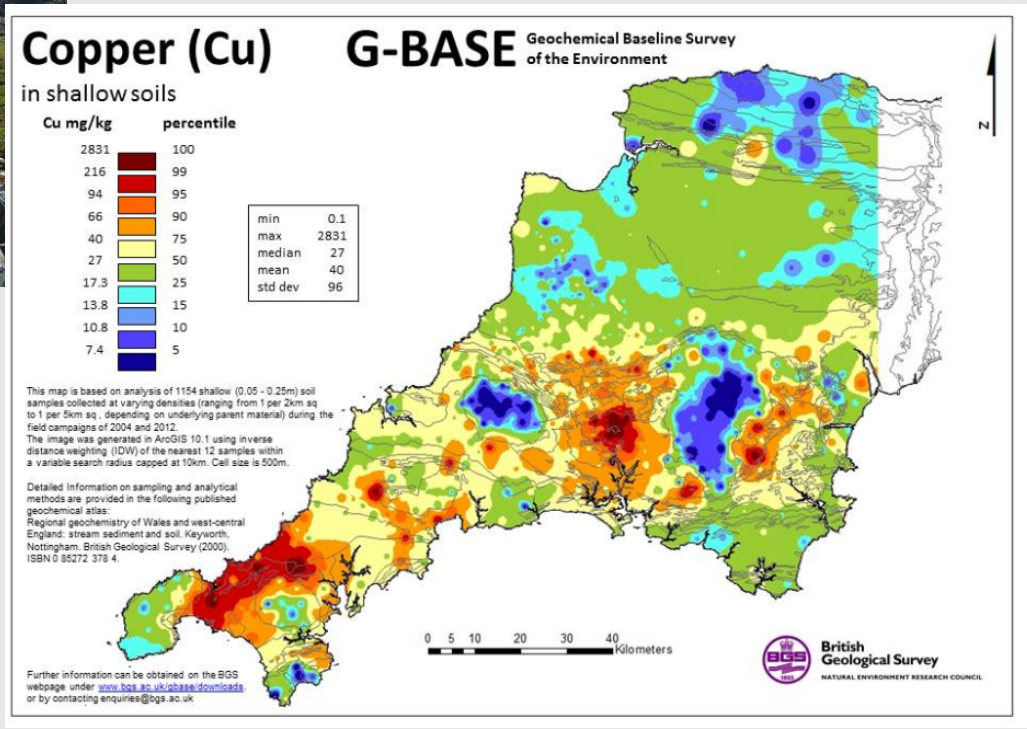
Alle bjergarter nedbrydes langsomt og bliver dermed – over tusinder af år - til sandkorn. Disse sandkorn transporteres på grund af tyngdekraft, vind og vand ned i dalsænkninger eller floder.

Geologerne indsamler prøver af denne type materiale, og undersøger om de indeholder kobber.

Hvis prøverne har forhøjet indhold af kobber, vil området blive undersøgt nærmere.

Indsamling af sedimentprøver i lille bæk i Grønland.

Fordeling af kobber i Sydengland

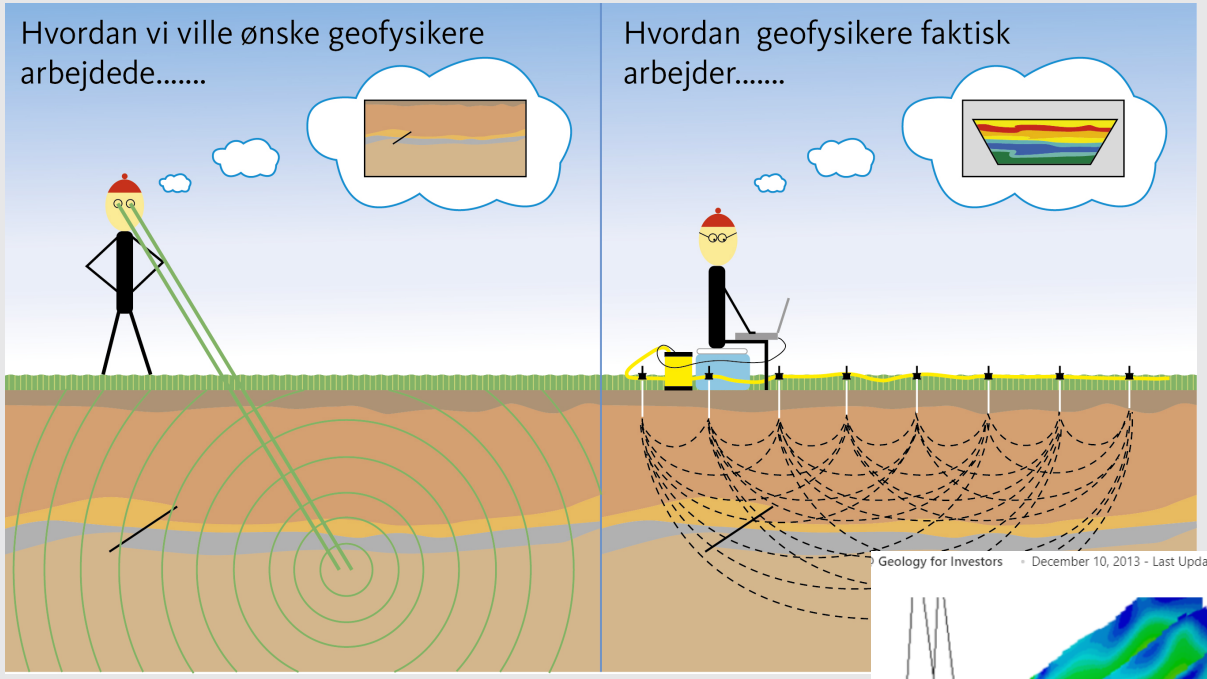


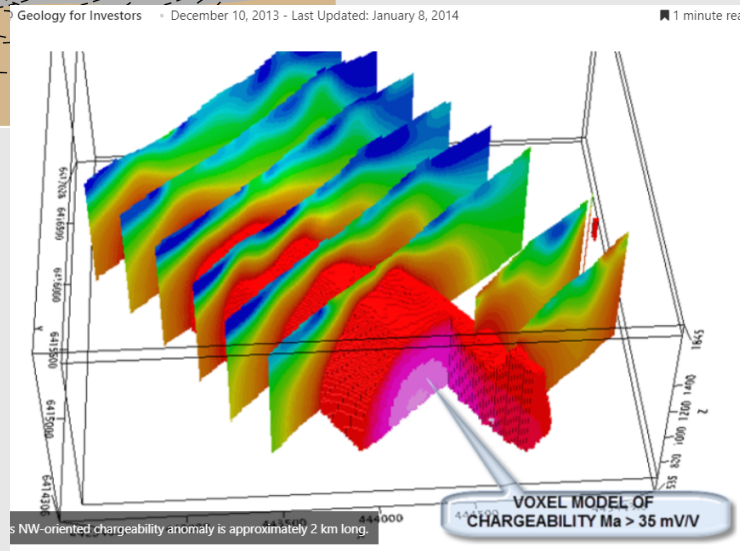
Trin 1 B Metallerne skal findes

Geofysiske metoder kan ‘se’ ned i undergrunden

Geofysiske metoder måler forskelle mineralers fysiske egenskaber dybt nede i undergrunden. Det er fx deres densitet, elektriske ledningsevne, eller magnetiske egenskaber.

Store landområder undersøges fra fly eller helikopter. Undersøgelse af mindre områder udføres på jordoverfladen.





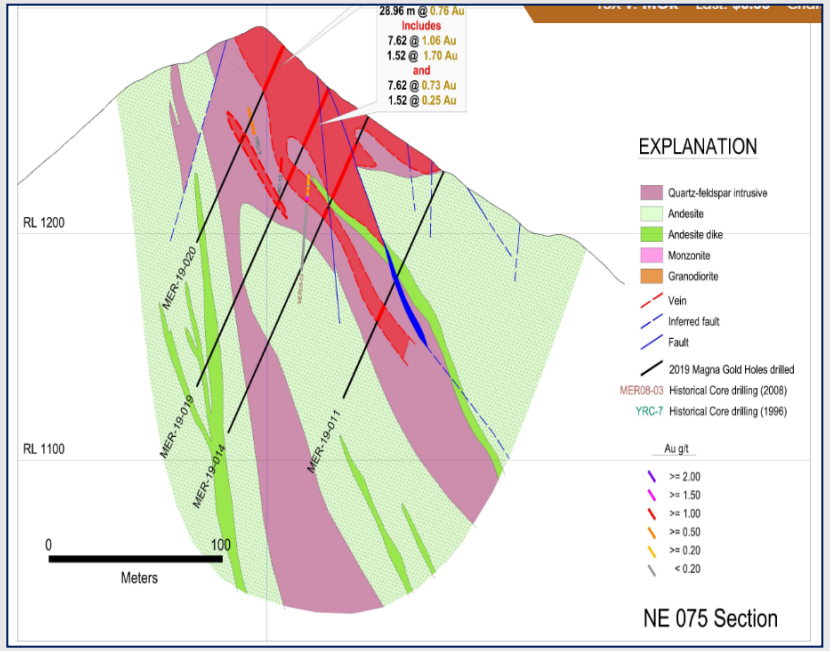
Trin 1 C Metallerne skal findes

Boringer afslører størrelse og kvalitet

Geologerne borer dybe huller ned i bjerget for at få detaljerede oplysninger om kobber- forekomsten. Hullerne kan være 1000 m dybe.

Ved boringerne kan geologerne få fat i prøver af dybtliggende bjergarter, og undersøge metalindholdet.

Når de har boret mange huller kan de også beregne hvor stor forekomsten er. Disse oplysninger bruges til at vurdere om der skal laves en ny mine.



Trin 2 Minedrift

Minedrift → Brydning → Knusning og sortering → Mineralkoncentrat

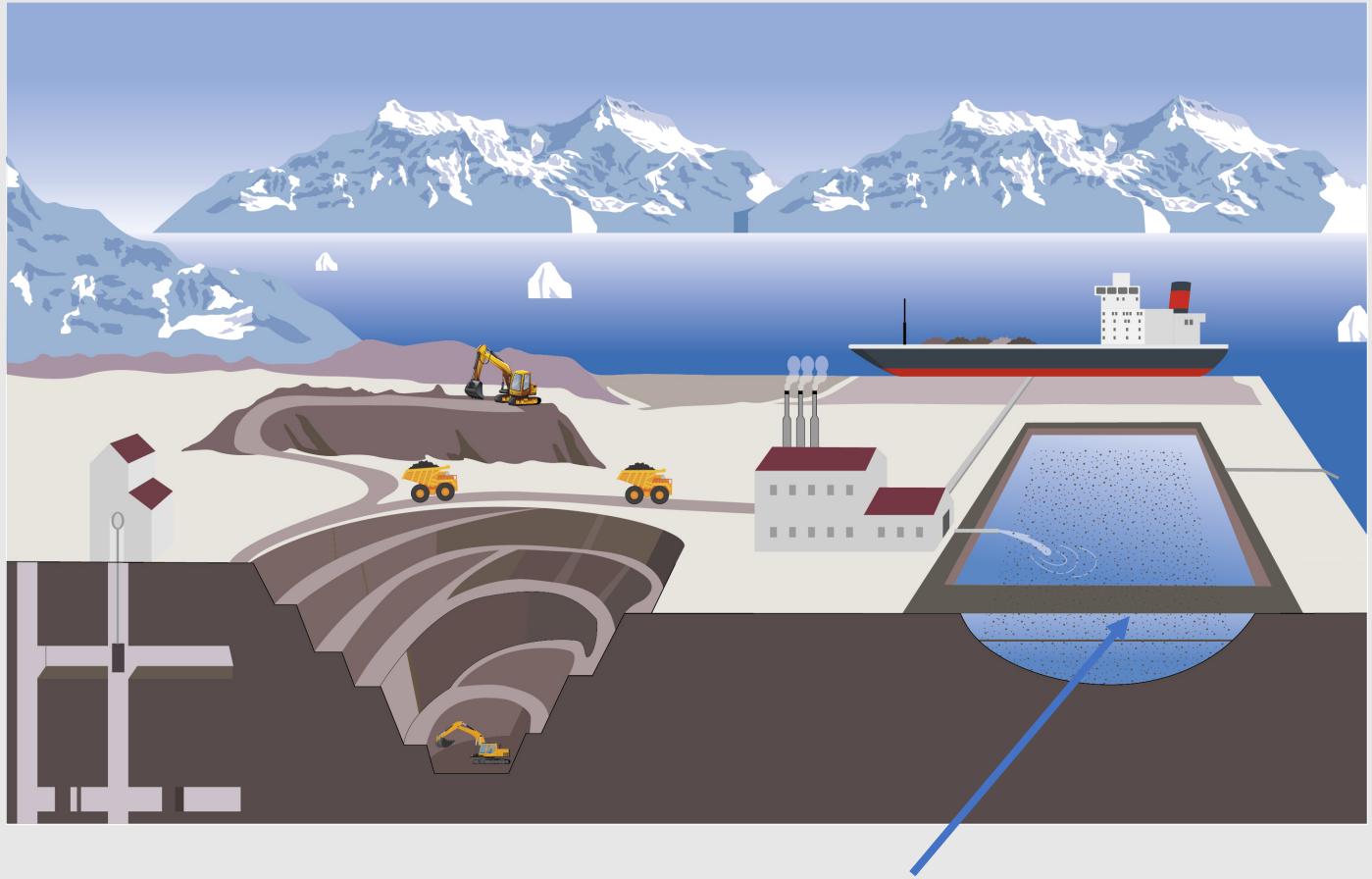
Miner kan være meget store åbne huller, eller gange langt nede under jordens overflade.

Brydningen foregår ved at udsprænge de bjergarter, der indeholder de ønskede mineraler.

Bjergarterne knuses og de eftertragtede mineraler sorteres ud.

Minens produkt er mineralkoncentrate t. Det transporteres, med skib eller tog til smelteværker.

Trin 2 Hvad sker der i en mine?



De mineraler som blev frasorteret, skal deponeres miljømæssigt forsvarligt ved minen.

Metal-mineraler er minens produkt. Det sælges til en fabrik som kan omdanne mineralerne til metaller. Minen sender metal-mineralerne med skib eller tog.

I minen sprænges de metalholdige bjergarter ud af fjeldet. Dette sker enten i en åben mine, eller en underjordisk mine (begge er vist på figuren).

De metalholdige bjergarter, kaldet malmen, transporteres fra minen op til minens fabrik på overfladen. Her bliver malmen knust og metal-mineralerne sorteres fra de andre.

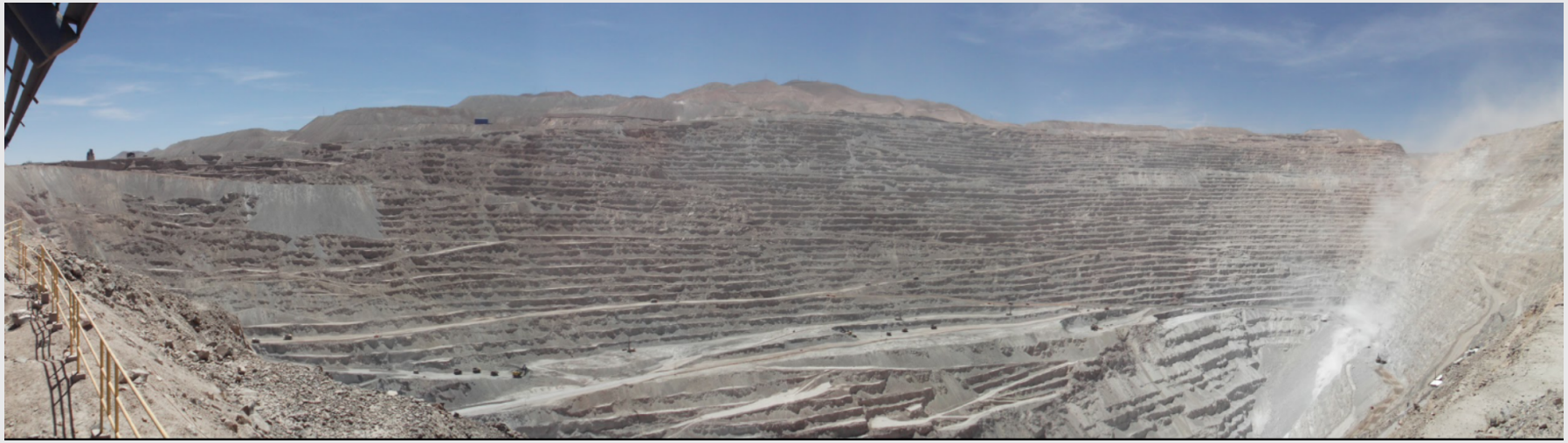
Trin 2 Minedrift af jern

Jern er det metal vi bruger langt mest af! Næsten 2 milliarder ton om året. Derfor hører jernminer også til blandt det største miner.

Jernforekomster er ofte rustrøde, som det ses på denne store mine. Maskinerne på billedet er kæmpestore lastbiler

Trin 2 Minedrift af kobber
Opgave

Bingham – Verdens største kobbermine er 800 m dyb!
Hvor lang og bred er den?
(Check selv på Google Earth)



Chuquicamata –Chiles største kobbermine.
Hvor lang og bred er den?
(Check selv på Google Earth)

- Find fabrikken som knuser malmen
- Hvordan transporteres kobbermineralerne væk fra minen?

Trin 3 Metallerne skal ud af mineralerne

Smeltning

Mineralerne smeltes hvorved metallerne adskilles fra de ikke-ønskede grundstoffer. Der dannes et metalkoncentrat.

Råmetal

Efter smeltning er der fremstillet råmetal, som efterfølgende skal forarbejdes. Foto viser kobber råmetal.

Trin 4 Råmetallerne skal forarbejdes så de kan bruges af industrien

Forarbejdning af råmetal → **Støbning og valsning** → **Råvarer til industrien**

Råmetallet bearbejdes så det får de ønskede materialeegenskaber

Råmetallet blandes med andre metaller og støbes i forme eller valses ud til plader og rør

De udvalsede og støbte metaller er nu klar til at blive brugt til at fremstille produkter.

Trin 5 Fremstilling af varer som består af mange forskellige metaller

Kobber
Fremstilling af varer
→ Komponenter til industrien

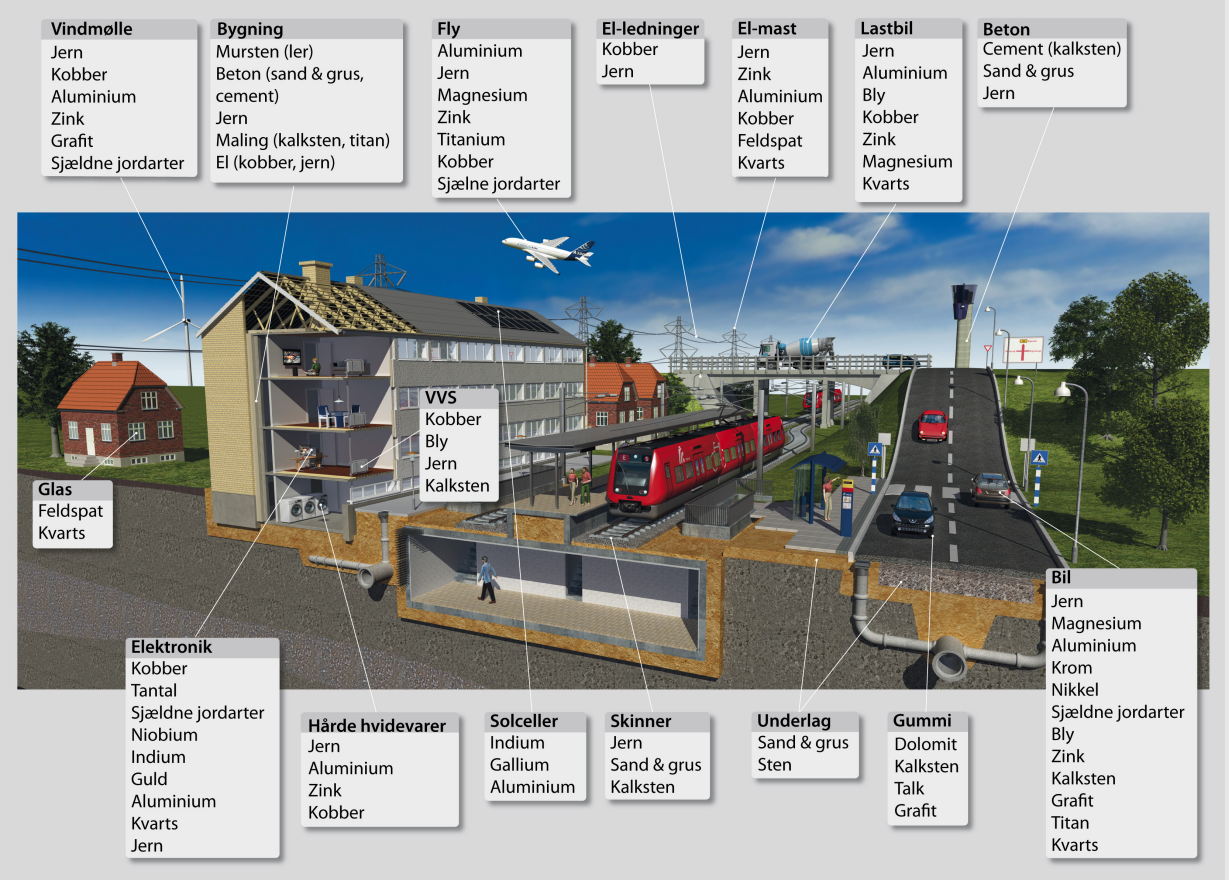
Jern
Fremstilling af varer
→ Komponenter til industrien

Aluminium
Fremstilling af varer
→ Komponenter til industrien

Zink
Fremstilling af varer
→ Komponenter til industrien

Nikkel
Fremstilling af varer
→ Komponenter til industrien

→ Biler, tog, fly, biler cykler, veje, huse, glas, ledninger, ..., ...



Trin 5 Fremstilling af varer som består af mange forskellige metaller

Kobber
Fremstilling af varer
→ Komponenter til industrien

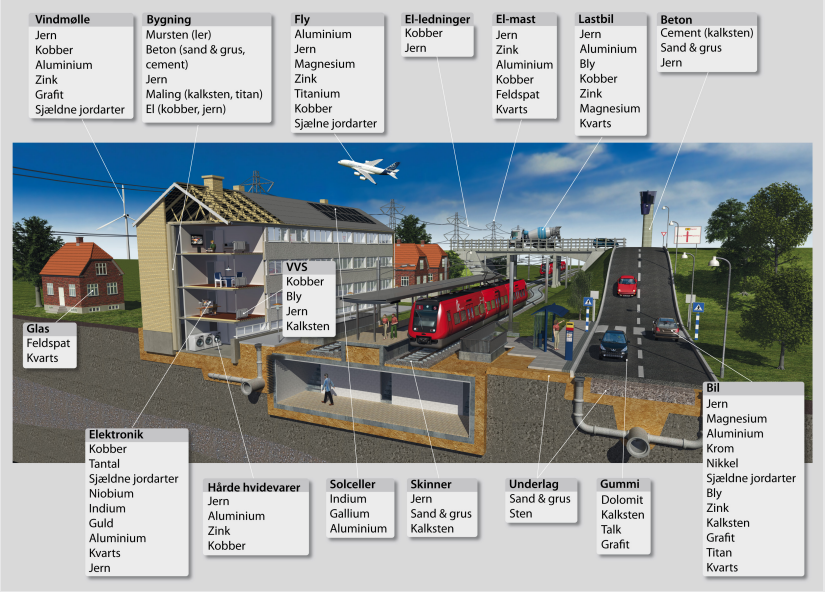
Jern
Fremstilling af varer
→ Komponenter til industrien

Aluminium
Fremstilling af varer
→ Komponenter til industrien

Zink
Fremstilling af varer
→ Komponenter til industrien

Nikkel
Fremstilling af varer
→ Komponenter til industrien

→ Biler, tog, fly, biler cykler, veje, huse, glas, ledninger, ..., ...



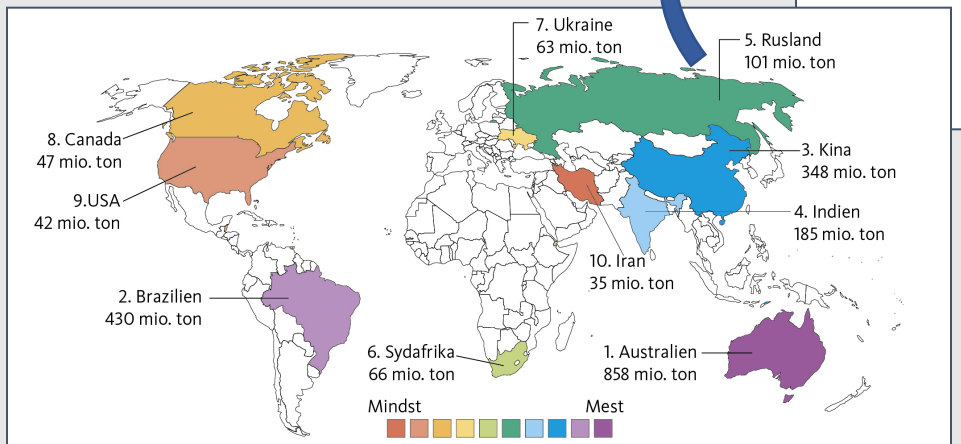
Diskuter med din sidemakker:

hvilke fem trin jern skal jern gennemgå – fra den geologiske proces til det kan blive til jern i din cykel?

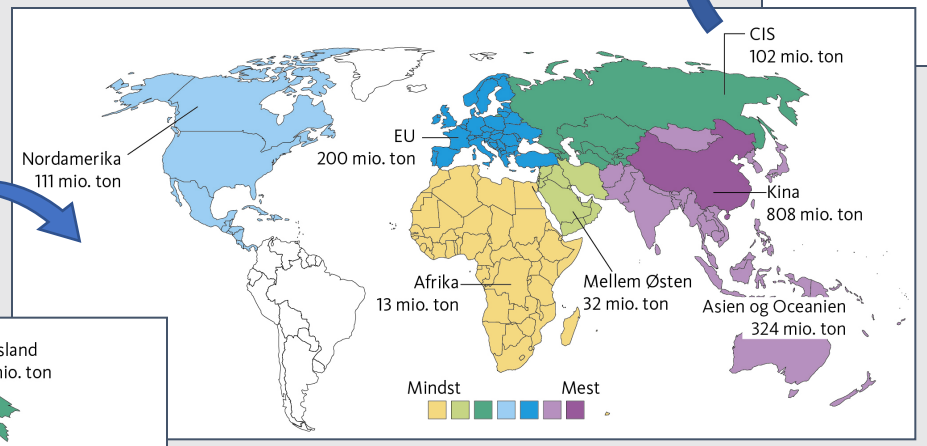
Jernminer i Brasilien og stålværker i Kina leverer råstoffer til din cykel i Danmark

Lande som har flest jernminer

Jern brydes især i Australien, Brasilien og Kina.

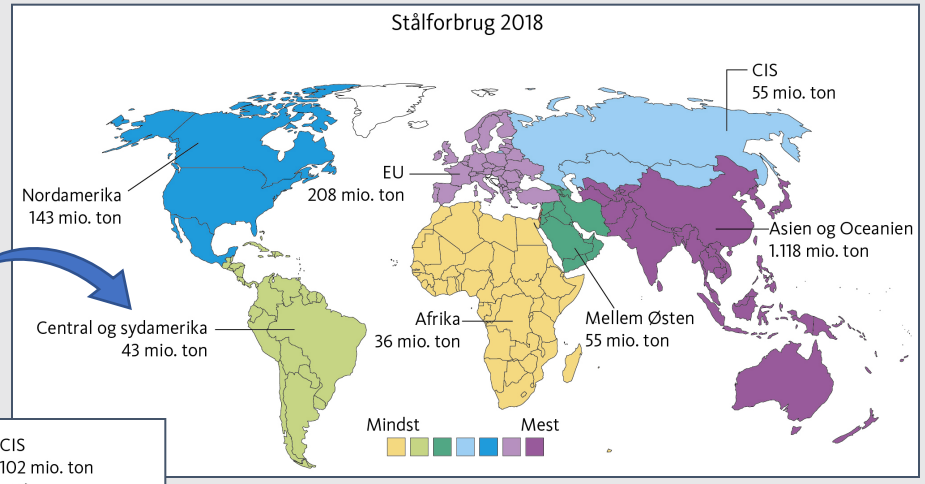


Lande som fremstiller mest stål



Det meste jern forarbejdes til stål i Kina. Kina bruger selv meget af stålet. Men Europa er den næststørste forbruger.

Lande som forbruger mest stål

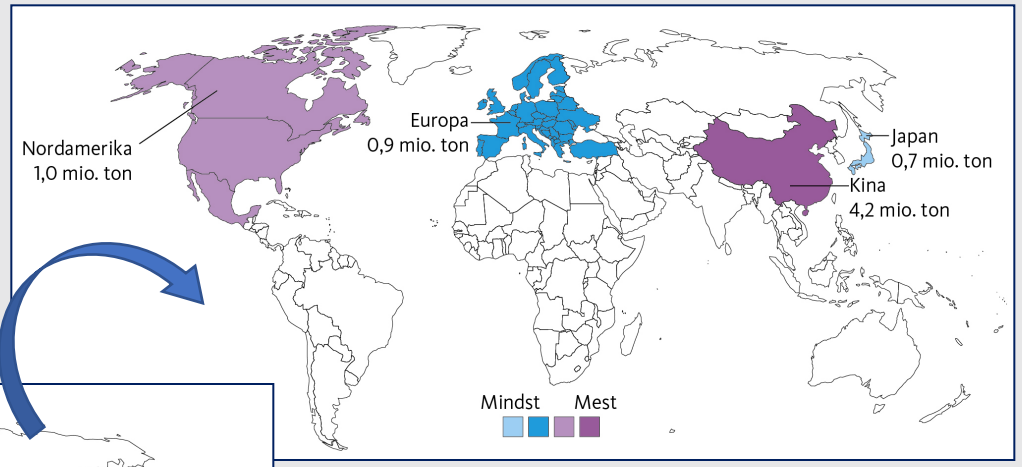


Kina er den største forbruger af stål. Men Europa er den næststørste forbruger.

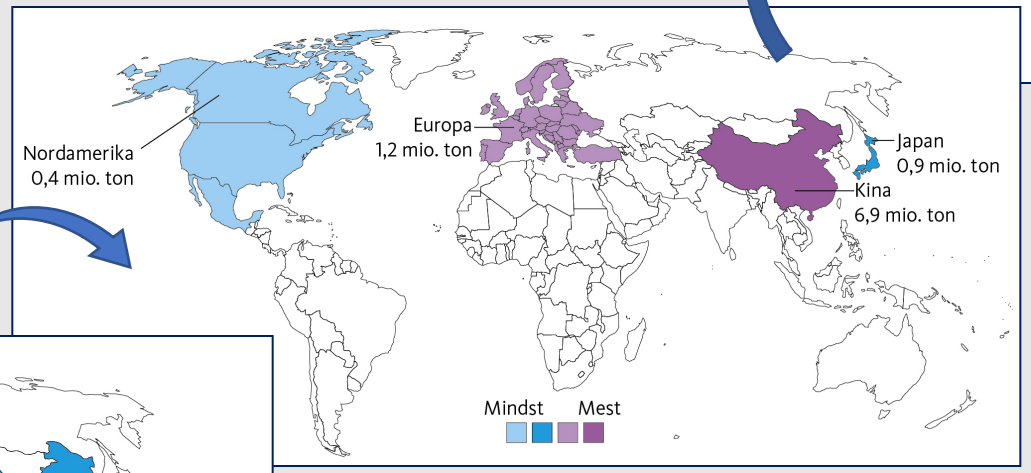
Konklusion:
I Danmark bruger vi derfor meget stål, som først er udvundet i Australien og Brasilien, og efterfølgende forarbejdet til stål i Kina.

Kobberminer i Chile og smelteværker i Kina leverer råstoffer til el-ledninger i Danmark

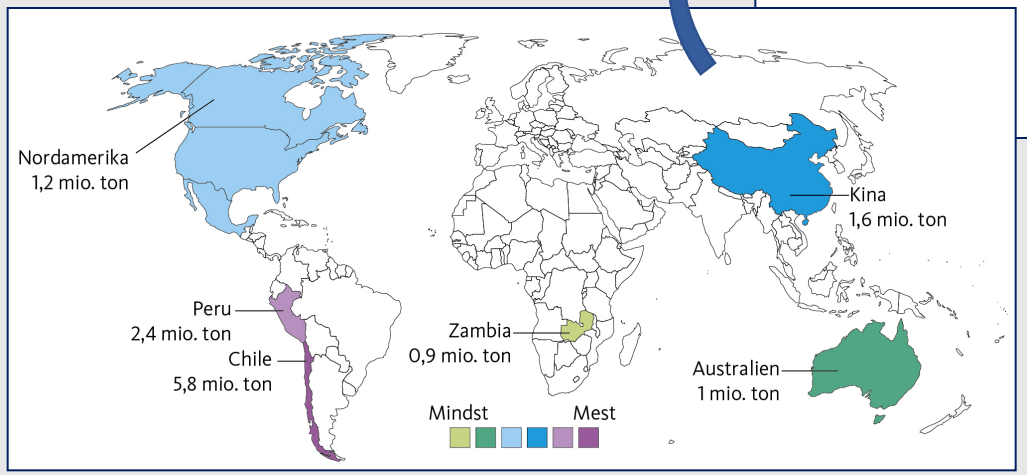
Lande som forbruger mest kobber



Lande som forarbejder mest kobber



Lande som bryder mest kobber



Kina forarbejder næsten halvdelen af verdens kobber, og bruger selv store mængder. Europa forarbejder også store mængder.

Konklusion:
I Danmark bruger vi kobber, som kan være brudt i Peru, Chile, og efterfølgende måske forarbejdet i Kina, inden det bruges til kobberkredsløb i din smartphone

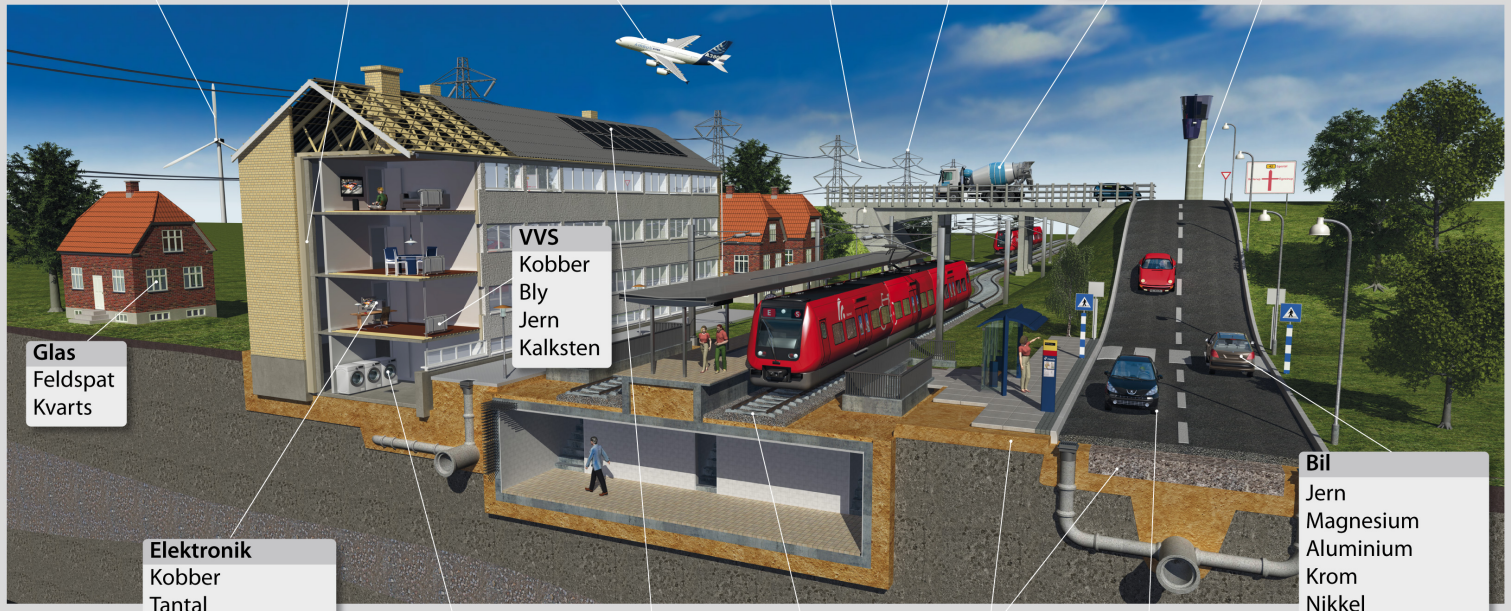
Konklusion: Uden mineralske råstoffer kan vi ikke leve som vi gør!

Forbruget af mineralske råstoffer stiger fordi:

- Verdens befolkning vokser
- Flere mennesker får råd til at købe mere
- Kun en meget lille del af de mineralske råstoffer kan genanvendes.

Varerne er sammensat af råstoffer, som er udvundet i land A, forarbejdet i land B og fremstillet i land C, for så til sidst at blive brugt i Danmark.

Der er brug for at finde mange nye mineralforekomster. Det er geologer, der har viden om, hvor fremtidens råstoffer findes.



Sådan kan I arbejde videre med emnet

Råstoffer – jern og kobber relaterer sig til disse andre lektioner fra **www.junior-geologerne.dk**:

- *Råstoffer- forbrug og verdensmål*
- *Mikrolivet i mudderet*
- *Sand og grus ressourcer*
- *Jordens opbygning og pladetektonik*
- *Bjergartscyklus*
- *Mineraler – en introduktion*

Øvrige undervisningsmaterialer

GEUS – Videnscenter for mineralske råstoffer - undervisningsmaterialer om råstoffer

http://mima.geus.dk/

Geoviden temanummer om mineralske råstoffer

https://www.geocenter.dk/xpdf/geoviden-4-2012.pdf

BGS læring om mineraler og minedrift

https://www.geolsoc.org.uk/miningminerals

Kortfilm (8 min.) fra Underground Channel der viser hvilke råstoffer, der indgår i den bærbare computer

https://www.undergroundchannel.dk/mima-guld-i-computeren