

Dannelsen af røde jorde

- magnetiske jernmineraller i Midtjylland

Af Per Nørnberg, Geologisk Institut, Aarhus Universitet

I Midtjylland findes der en række steder, hvor jordbunden er usædvanligt rød, og hvor indholdet af jern er exceptionelt højt. Samtidigt har de en meget speciel mineral-sammensætning. Her gives der nogle bud på, hvordan de er dannet – men den endelige forklaring er fortsat et mysterium.

I det midtjyske område er der igennem en årrække fundet op imod en halv snes lokaliteter, hvor den øverste del af jordbunden er usædvanligt rød. Farverne er langt rødere, end man sædvanligvis ser, og jernindholdet er meget højere, end det nogensinde tidligere er set i en dansk jordbund. Normalt finder man farver, der højest er brun-gule til rød-gule (Munsell-farver 10YR til 7.5 YR), mens farverne på de jernrige lokaliteter er røde og mørkrøde (Munsell-farver 2.5YR og 10R). Nyere forskning har vist, at det usædvanligt høje jernindhold intet har med forvitring på stedet eller jordbundsdannelse at gøre. Det skyldes derimod udfældning af opløst jern fra grundvandet.

Opløsning og udfældning

På steder hvor grundvandet kommer tæt på overfladen, kan opløst ferrojern (Fe^{2+}) i



Jordbundsprofil med rød jernudfældning fra Salten. (Foto: Forfatteren)

vandet fælde ud, fordi det møder luftens ilt og omdannes til ferrijern (Fe^{3+})-oxider og -hydroxider. Sædvanligvis indeholder den slags udfældninger mineralet ferrihydrit,

der er en væsentlig bestanddel af okker, og det er også antagelsen, at jernet på lokaliteterne i Midtjylland, som vil blive omtalt her, har deres udgangspunkt i ferrihydrit.

Almindeligt forekommende jernoxider

Magnetit: Fe_3O_4 [$\text{Fe}^{3+}(\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+})\text{O}_4$]

Magnetit er et stærkt magnetisk jernoxid, som afviger fra de fleste andre jernoxider ved at indeholde både divalent og trivalent jern. Magnetit finder man ofte langs stranden som små sorte magnetiske korn. De kan sammen med andre tunge mineraler være samlet i mørke tungsandslag. Magnetit oxideres i naturen til Maghemit.

Maghemit: $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$

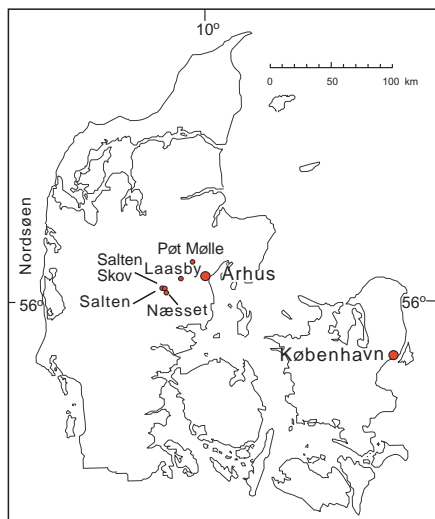
Maghemit er også stærkt magnetisk og har som magnetit en kubisk struktur. Det afviger fra magnetit, ved at næsten alt jern i maghemit er Fe^{3+} . Tomme pladser i krystalgitteret kompenserer for at jernatomerne forekommer i oxidationstrin +3. Maghemit er kendt fra brændte lokaliteter og er meget stærkt rødbrunlig.

Hæmatit: $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$

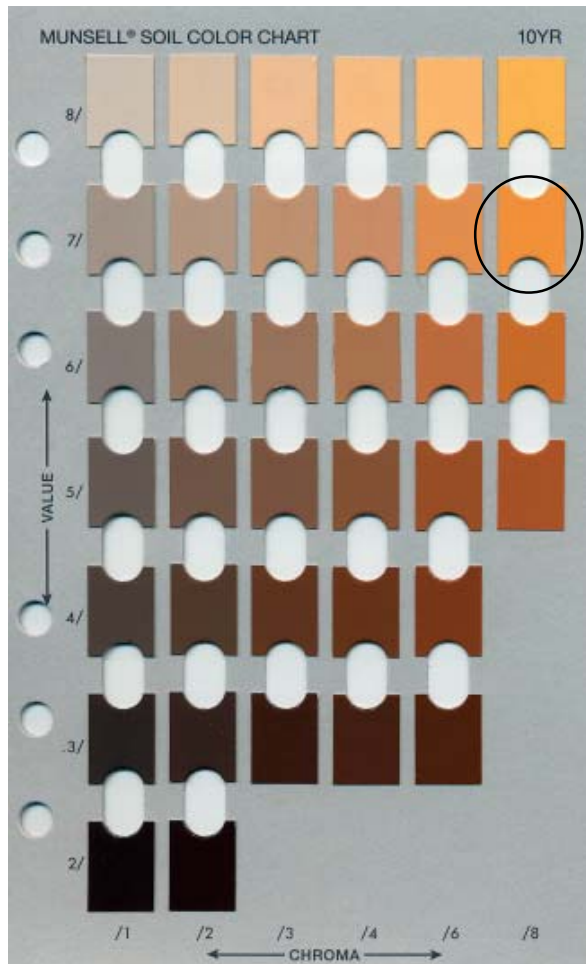
Hæmatit er kun meget svagt magnetisk. Små korn af hæmatit er næsten blodrøde (græsk: *haima* = blod). Som smykkesten er hæmatit kendt under navnet "blodsten" og er da næsten sort. Hæmatit bruges som farvestof (svensk-rødt). Det kendes i Danmark ligesom maghemit fra brændte lokaliteter.

Goethit $\alpha\text{-FeOOH}$

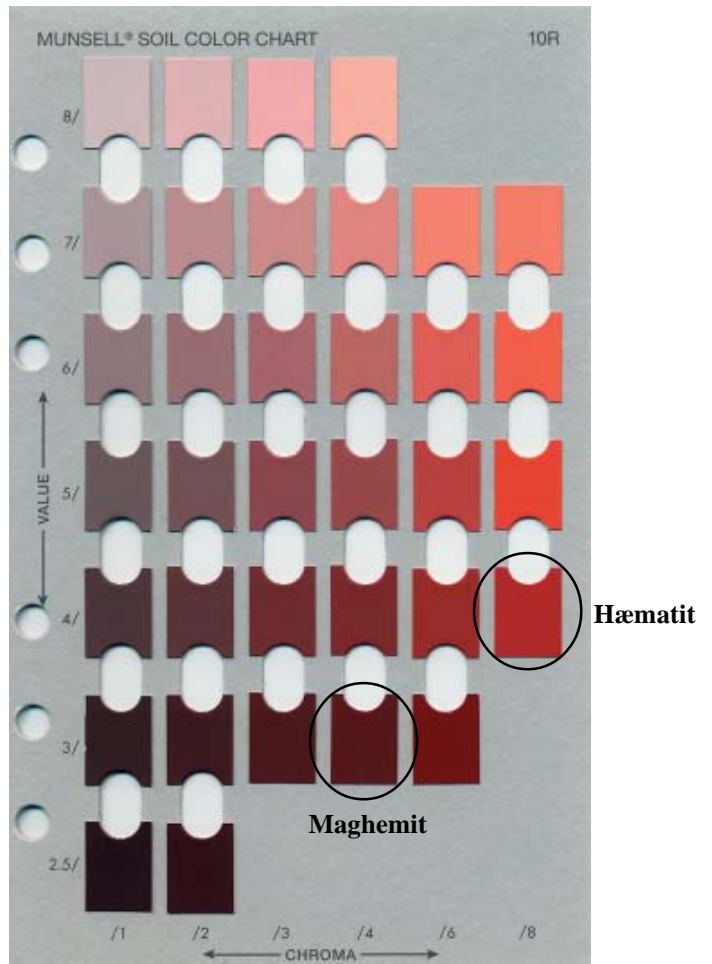
Goethit er umagnetisk. Farven er gul til gul-orange. Det bruges også som farvestof. Goethit har sit navn fra den tyske digter Goethe, der ud over at være digter, politiker m.m. også var en kendt mineralog og skrev afhandlinger om farver. Kommer man til Weimar, kan man på Goethes hus se, at det er malet goethitgult. Goethit er et meget almindeligt forekommende mineral og dannes i naturen i Danmark.



Udbredelsen af jernoxiforekomster, der er undersøges. (Grafik: Ruth Nielsen)



Munsell-farvekort (10YR)



Munsell-farvekort (10R)

De kendte lokaliteter med røde jordbunde ligger alle inden for det område, hvor der findes aflejringer fra Miocæn i undergrunden, som bl.a. er kendt for at indeholde pyrit. Hvis pyrit oxideres i toppen

af grundvandszonen, vil jern herfra kunne forblive i opløsning, så længe ilten i grundvandet er brugt op. Der hvor vand med opløst Fe^{2+} kommer op til overfladen, vil jernet oxideres og udfældes som Fe^{3+} -minera-

ler. Dette kan fx ske ved foden af skrænter, hvor vandet siver frem. Her kan man få en udfældning af jernforbindelser, som er næsten fri for "forurening" af silikater, og hvor jernindholdet kan komme op på 30-40 %,

Forklaring til Munsell-kort

Munsell-farveskalaen, der internationalt bruges til at angive jordfarver efter, er bygget op over tre grundlæggende faktorer (Hue, Value og Chroma). Prøver fra det øverste røde jordbundslag af det i billedet (på modstående side) viste jordbundsprofil er bestemt til: mørk rød (10R 3/4).

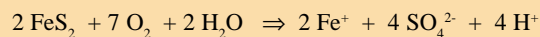
1) Hue (kuløren, 10R (Rød)) refererer til den dominerende spektralfarve.

2) Value (brillians, 3) udtrykker, hvor lys farven er – svarende til gråtone i forhold til absolut hvid. Jo højere tal jo lysere.

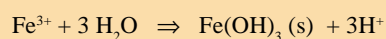
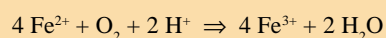
3) Chroma (farvens klarhed, 4) definerer farvens renhed. Jo mindre iblanding af gråt jo renere farve og dermed højere chroma.

Pyritoxidation

Når pyrit (FeS_2) fx i toppen af grundvandszonen udsættes for vand og ilt, sker følgende reaktion:



Fe^{2+} er opløseligt i vand under reducerende forhold dybere i grundvandszonen og føres med vandet i strømretningen. Når grundvandet fx i kilder eller i væld ved foden af skrænter kommer i kontakt med luftens ilt, oxideres Fe^{2+} til Fe^{3+} , der ikke er opløseligt og derfor fælder ud som jernhydroxider ($\text{Fe}(\text{OH})_3$ (s)), eller det vi i almindelig tale kalder okker.



Det mest almindelige jernmineral i okker i Danmark er ferrihydrit. Ferrihydrit er et jernoxyhydroxid, som forekommer med meget forskelligt vandindhold, men en generel formel kan skrives som: $\text{Fe}_{1.55}\text{O}_{1.66}(\text{OH})_{1.33}$. Ferrihydrit er sandsynligvis udgangsmineralet for de øvrige jernminerale, som findes i de Midtjyske udfældninger.

hvilket er tilstrækkeligt til at materialet kunne bruges som jernmalm.

Jernminerale

Det høje jernindhold kan altså forklares, mens det usædvanlige ved aflejringen, mineralselskabet længe har været en gåde. Den meget røde farve hænger sammen med, at materialet indeholder mineralet hæmatit. Det er det farvestof, der bruges i "svenskrødt", som svenskerne maler deres huse med. Udover hæmatit indeholder det røde materiale også maghemit, der er rødbrunt og kraftigt magnetisk, mens det mest almindelige mineral er goethit.

Goethit er et kendt mineral i tempererede humide områder som Danmark, men det er hæmatit ikke. Det er almindeligt i troperne og subtropene, men findes ifølge traditionelle teorier ikke naturligt i jordbunde nord for Alperne.

Både temperaturen og fugtighedsforholdene har indflydelse på dannelsen af hæmatit. En undersøgelse fra det nordlige alpine forland viser, at et fald i temperatur (11-7 °C) og en stigning i nedbør (500-1200 mm) fra Basel i vest til Bayern i øst er nok til, at hæmatit er stabilt i jordbunden mod vest, men ikke mod øst. Hæmatit kendes i naturen længere mod nord kun i forbindelse med opvarmningsepisoder, skovbrand, arkæologiske lokaliteter, afbrænding af tørv og brandpletter i jorden af ukendt oprindelse.

De fleste af de steder, hvor man finder rødbrændte områder med hæmatit, finder man også maghemit. Dette dannes let ud fra goethit ved brand, hvis der er organisk materiale til stede. Det organiske materiale fungerer som reduktionsmiddel, og i Nordeuropa indeholder jordbunden altid en vis mængde organisk stof i toppen. Maghemit er også let at kende i naturen, hvis man har en magnet i lommen. Blot et indhold af maghemit på nogle få procent vil få jorden til at hænge ved magneten.

Jern og ild

Brændte pletter har oftest en erkendbar hi-

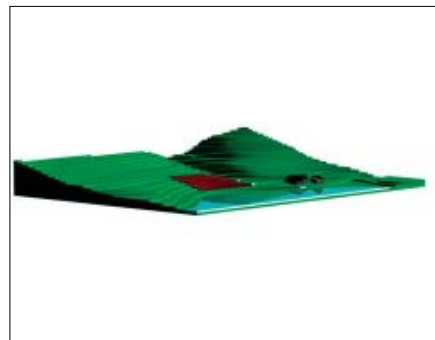
storie: et brændt hus, et jernudsmeltingssted fra jernalderen, et gammelt glasværk, en grube til madlavning fra forhistorisk tid, en plet hvor der har været brændt trækul. Der findes også pletter som disse i Salten Langsø-området, hvor historien ikke er kendt. Måske har der her været fremstillet aske til gødningsformål, fordi der ikke på stederne findes rester af trækul, og fordi pH-værdien er høj, hvilket kan forklares med askens alkaliske virkning på jorden. På disse lokaliteter er jernforbindelserne i jorden sjældent mere end 2-3 %, og på de steder, hvor vi har undersøgt jernminerale, består de af hæmatit og maghemit, men ikke af goethit.

Teorier

De områder i Midtjylland, som har højt jernindhold, og som er stærkt røde, indeholder alle goethit og hæmatit. Nogle indeholder tillige maghemit. Udbredelsen af den røde farve begrænser sig til de områder, hvor jernindholdet er højt. Der er i det friskt udfældede ferrihydrit, som stadig dannes på nogle af lokaliteterne, et højt indhold af fosfor (3-7 mol% af jern), og der er i det jernholdige materiale et højt indhold af organisk stof (5-10 %).

Fosfor har en stabiliserende virkning på ferrihydrit (okker). I laboratorieforsøg bevirker dette, at ferrihydrit delvist omdannes til hæmatit med et mellemstadium af maghemit, i stedet for blot at omdannes til goethit, som ellers sker naturligt her i landet. Det høje indhold af organisk stof, kunne måske ved en langsom, naturlig lavtemperatur-forbrænding af det organiske stof være den faktor, som førte til dannelsen af maghemit. Ved opvarmning i forbindelse med brand er det kendt, at maghemit kan dannes.

Det jernholdige materiales usædvanligt høje koncentration og meget finkornede struktur (næsten alle partikler er mindre end 0,002 mm) kunne måske være en medvirkende årsag til dannelsen af mikromiljøer for en langsom, reducerende forbrænding. Endelig er der ikke noget, der



Blokdiagram af landskabet ved Salten. (Grafik: Michelle Nørnberg)

tyder på, at de røde jorde kan være opstået ved nedskyl fra højereliggende brændte områder, eftersom indholdet af silikater er meget begrænset. Man kan nemlig dårligt forestille sig skrænterosion, uden at sand og andet blandes op i sedimentet.

Der er også en mulighed for, at bakterier har været involveret i mineraldannelsen. Både jernreducerende og jernoxiderende bakterier findes i de friskt udfældede okker-sedimenter, men det er en anden historie, som en mikrobiolog hellere må fortælle. Selvom en række af jernbakteriens processer er kendte, gælder det langt fra alle, og der kan meget vel heri ligge i hvert fald dele af en forklaring.

Forklaring mangler

I de røde jorde finder vi altså et mineralselskab af jernoxider, hvoraf to ikke burde kunne dannes under naturlige forhold i Danmark i dag. Der er ikke noget der tyder på, at de kunne være dannet så langt tilbage, som da klimaet var varmere (Alle-rød-tid). Udbredelsen af den røde farve stopper med den høje jernkoncentration, og der er kemiske indikationer (indhold af fosfor og kulstof), der peger i retning af en mulig dannelse på stedet over lang tid – og uden brand. Vi står ved grænsen af vores viden om naturens dannelse af jernoxider, og leder fortsat efter et sikkert svar på, hvordan disse jorde er blevet så røde. ■

Vi borer over hele landet..!

- Kerneboringer
- Hulsneglsboringer
- Højslevboring
- Tørboring
- Luftslyleboring
- Skylleboring

- ring og hør nærmere...



POUL CHRISTIANSEN A/S
Brøndborer- & Ingeniørfirma
7840 Højslev
Tlf. 97 53 52 22

100 år

- din sikkerhed for erfaring og kompetence...

