

Bestemmelse af plasticitetsindeks ud fra glødetab på uorganisk materiale

Peter Stockmarr

Grontmij | Carl Bro as, Danmark, peter.stockmarr@grontmij-carlbro.dk

Abstract

Det er muligt at vise sammenhæng mellem plasticiteten og glødetabet på lerede materialer i Danmark. Sammenhængen er nær lineær indtil en plasticitet på mere end 60 %, hvorefter der ses en betydelig spredning af data. Det er muligt ud fra data om plasticitet og glødetab at bestemme det organiske indhold.

Mængden af frigivne flygtige komponenter er kvantificeret med et glødetab. Dette er foretaget ved 550 °C, for at undgå dissociering af kalk.

Ud fra de fundne data kan der angives en maksimal plasticitet, der kan benyttes ved fastlæggelse af geotekniske parametre. Den beskrevne metode er meget hurtig og kan med tilstrækkelig sikkerhed fastlægge plasticitetsforholdene for en lang række uorganiske materialer.

Indledning

Lerminerale består af pladeformede laggittersilikater. Disse har et indhold af OH-grupper og kan endvidere indeholde endog store mængder krystalvand. Knyttet til lerminerale er adhæderet vand.

Det adhæderede vand er bundet til lermineralet med meget svage kræfter.

De plastiske egenskaber er betinget af evnen til at binde vand til krystalstrukturen, at svulle. Der er samtidig en sammenhæng mellem hvor aktive lerminerale er og deres indhold af krystalvand. Jo mere et lermineral kan svulle, des mere støkiometrisk vand er der i materialet.

For de fleste lerminerale sker der en nedbrydning af krystalstrukturen mellem 350 og 420 °C. Ved denne nedbrydning frigives krystalvand og hovedmængden af de bundne OH-grupper. Ved at opvarme materialet til 550 °C kan langt hovedparten af de flygtige komponenter derfor fjernes fra materialet, hvilket resulterer i tab af masse.

Det er dog ikke kun vand, men også OH-grupper og organisk materiale der fjernes. Endvidere nedbrydes hydroxider af både mangan og jern ved disse temperaturer. Karbonater som calcit, siderit og aragonit regnes som stabile indtil mindst 600 °C.

På baggrund af dette er det testet om den forventede sammenhæng mellem glødetab og plasticitet kan kvantificeres med tilstrækkelig nøjagtighed til en praktisk anvendelse.

De plastiske egenskaber for lerede materialer er afhængige af mineralogien. I naturlige materialer findes typisk en lang række lerminerale der til dels er blandet med sand og silt i varierende mængde.

Fremgangsmåde

Der er på 216 prøver udført plasticitetsanalyse konform med BS1377. Der er herefter på samme materiale udført glødning ved 550 °C i mindst 4 timer.

Der er foretaget opvarmning af en serie prøver til successivt højere temperatur indtil 1000 °C, samt til 550 °C i op til 48 timer med jævnlig afkøling for afvejning.

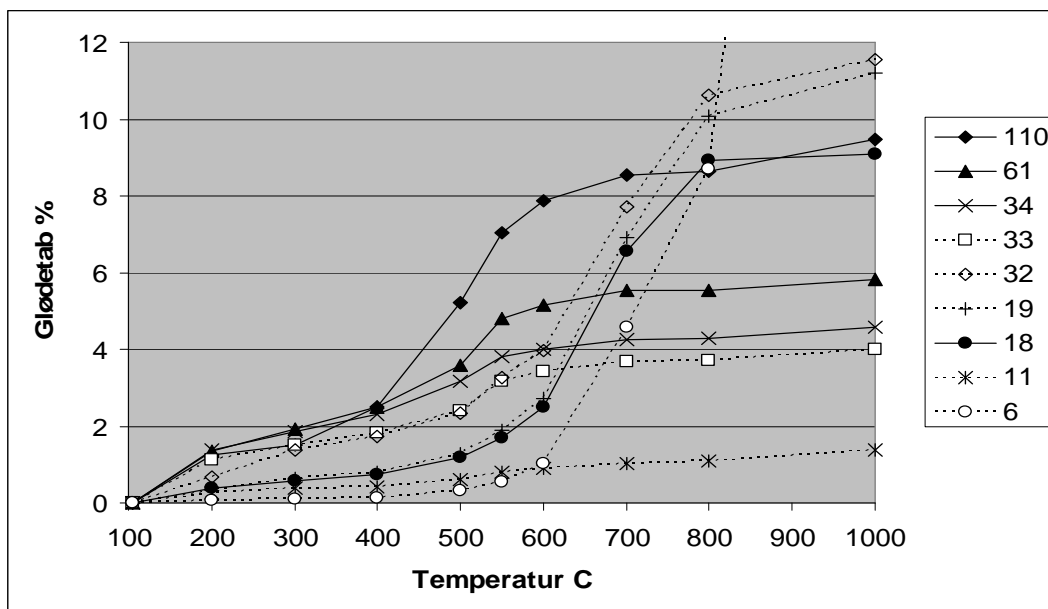
Der er analyseret materialer af glacial oprindelse, smeltevandsmaterialer fra sen-glacial og glacial alder samt interglaciale og postglaciale dannelser. Herudover er der analyseret materialer med organisk indhold i form af glimmerler og lignende.

Der er undersøgt materialer fra Danmark, Grønland, Albanien og enkelte fra Seychellerne.

Data er sammenholdt med en geologisk beskrivelse af de enkelte materialer. Der har her været fokus på materialernes oxidationstrin og indhold af hydroxidholdige materialer såsom rust og manganiler.

Resultater

Ved undersøgelse af sammenhængen mellem temperatur og massetab er det observeret at det største tab af masse for kalkfrie materialer sker i intervallet mellem 400 og 600 °C. Det ses endvidere at der selv for meget plastiske materialer kun sker et tab af maksimalt ca. 2,5 w% ved opvarmning til 400 °C. For kalkholdige prøver sker ved videre opvarmning til 1000 °C et tab på ca. 44 % af kalkindholdet på grund af dissociering af karbonater.

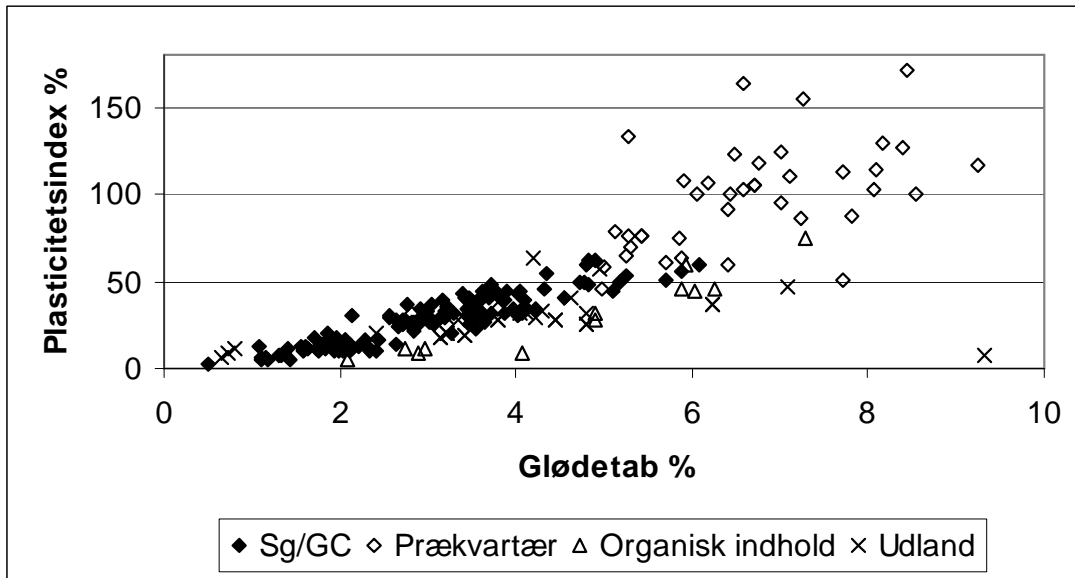


Figur 1: Massetab af ler ved stigende temperatur. Numrene for de enkelte serier angiver plasticiteten (Ip). Det ses at der indtil ca. 550 °C er overensstemmelse mellem plasticiteten og massetabet. Det ses videre at det største tab af masse sker mellem 400 og 600 °C. Ved højere temperaturer sker nedbrydning af karbonater, hvorfor der sker et kraftigt tab af masse de kalkholdige prøver. I kalkfrie prøver sker kun meget begrænset tab af masse. Prøven mærket 6 består af leret, siltet kalk der havde et glødetab ved 1000 °C på 43,2 %. Prøverne 6, 18, 19 og 32 er kalkholdige.

Karbonater som calcit, siderit og aragonit regnes normalt som stabile indtil mindst 600 °C.

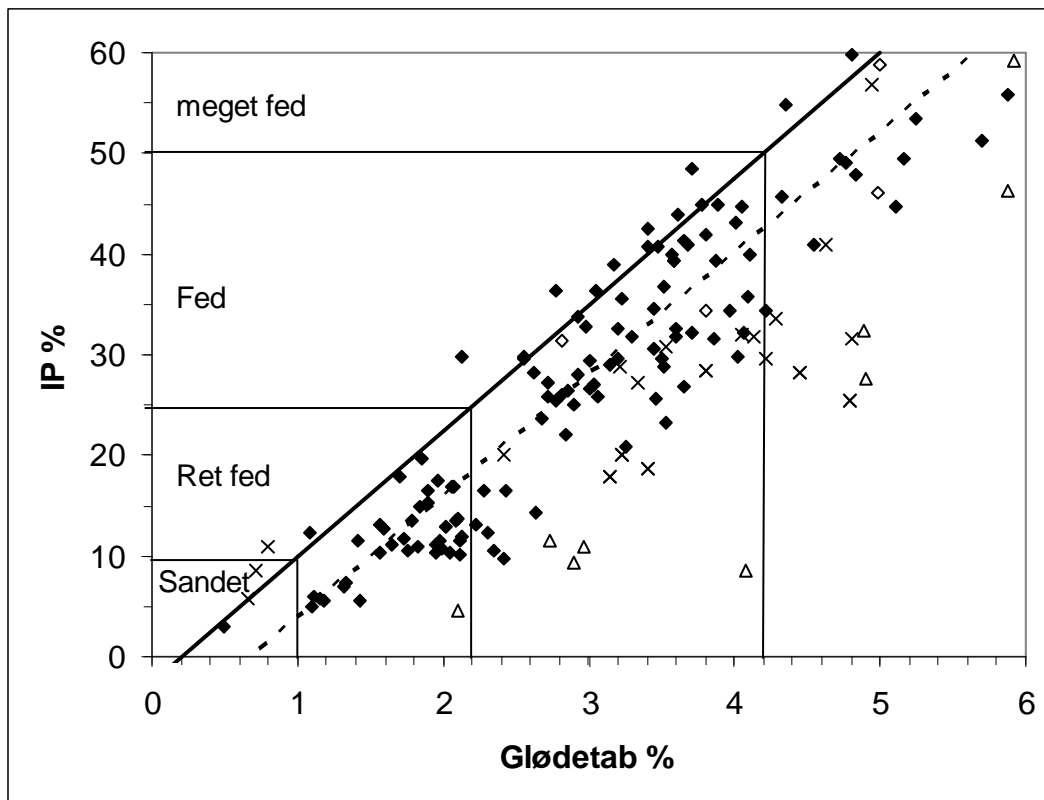
Det er konstateret at der ved opvarmning i mere end 4 timer ikke sker nævneværdigt tab af flygtige komponenter.

I figur 2 ses sammenhængen mellem de målte plasticitetsindeks og de målte glødetab.



Figur 2: Relationen mellem glødetab og plasticitet. Det ses at der for materialer med et organisk indhold findes store glødetab som forventet.

Ved uindlæggelse af klassifikationen for plastiske egenskaber er det muligt i mere end 90 % af de testede materialer at klassificere korrekt ud fra det foretagne glødetab. Hvor der ske en klassifikation på baggrund af glødetabet, der ikke er korrekt ifølge plasticitetsforsøget, er der i 4 % af tilfældene tale om for lav Det er endvidere muligt at



Figur 3: Data for materialer med en plasticitetsindex under 60. der er indlagt en linie efter formelen $I_p(\%) = 12,5 \cdot gl(\%) - 2,5$. Med stiblet linie er indlagt regressionslinie på de uorganiske danske materialer. Klassifikation efter plasticitetsindeks er indlagt. Legende som i figur 2.

Det er betegnende for data, at der for et givent glødetab findes en maksimal plasticitet, der formodentlig er resultatet af tab af krystalvand og lignende uden indhold af jernhydroxider (rust), manganiliter og organisk stof.

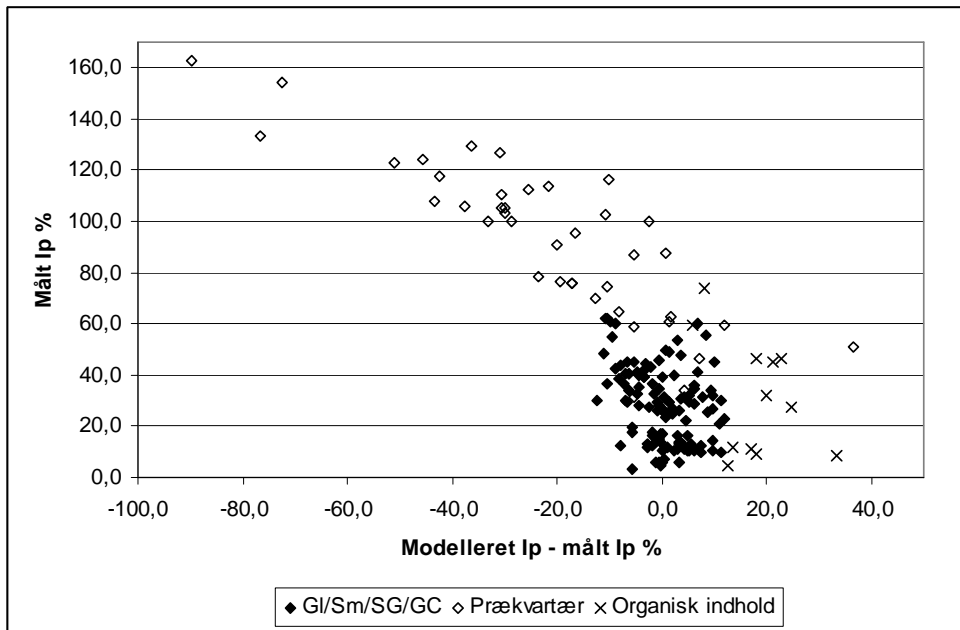
Det ses at der for materialer fra udlandet er et meget lavt glødetab ved meget lave plasticitet. Disse data stammer fra det arktiske område. Røntgenkrystallografi har vist at der er tale om ekstremt finkornede feldspat og glimmer med et indhold af illit og lidt kaolin. Dette er ikke svellende mineraler. Materialer med plasticitet over ca. 15 % stammer overvejende fra Albanien. Her er generelt et noget forhøjet glødetab i forhold til danske materialer med tilsvarende plasticitet. Dette formodes at skyldes en ekstensiv rustdannelse.

Modeller

Det kan postuleres, at plasticiteten for et givent uorganisk materiale kan beregnes efter formelen

$$1: \quad I_p = 12,5 \cdot Gl (\%) - 9$$

Hvilket svarer til regressionslinien i figur 3. Indsættes de opnåede data i denne formel kan der beregnes en I_p ud fra glødetabene. Dette ses i figur 4, hvor data er fratrukket den faktisk målte I_p og plottet mod det målte plasticitetsindeks.



Figur 4: Relationen mellem de faktisk målte plasticitetsindeks og de modellerede data fratrukket de faktiske data. Det ses at der for de glaciære og senglaciære materialer findes en god overensstemmelse med modellen (værdier på x-aksen nær 0), hvorimod der for stærkt plastiske prækvartære materialer er en klar men tendens til lavere beregnet plasticitetsindex, end det målte. Organiske sedimenter har en klart overvurderet plasticitet.

Såfremt der ønskes en konservativ værdi kan nedenstående formel 2 benyttes.

$$2: \quad I_p = 12,5 \cdot GI (\%) - 2,5$$

Formel (2) angiver de maksimale målte plasticiteter for et givent glødetab. Denne formel er ligeledes afbilledet i figur 3.

Anvendelse

Glødetab på ler kan finde mange anvendelser såsom at bestemme de plastiske egenskaber med en rimelig sikkerhed.

Sammen med et plasticitetsforsøg kan der bestemmes et organisk indhold i lerede materialer.

Da der er tale om en hurtig og ikke arbejdstung forsøgsgang kan der udføres talrige forsøg ved selv mindre projekter, disse forsøg kan benyttes til enten at fastlægge en maksimal plasticitet eller til screening af et større antal prøver for senere udvælgelse af materialer til detaljerede undersøgelser.

Forsøget kræver kun en lille mængde, 20 g eller mindre såfremt der er tale om meget finkornede materialer. Dermed kan de plastiske egenskaber vurderes på meget små prøvemængder, idet der til et standard Casagrande forsøg skal bruges mindst 100 g materiale. Dette kan være væsentligt i forbindelse med projekter, hvor materiale er svært tilgængeligt i større mængder.

Begrænsninger

Den maksimale I_p vil i mange tilfælde være væsentlig over den faktiske I_p , idet der er en række elementer, der hæver glødetabet, men ikke plasticiteten. Dette gælder for ikke plastisk organisk indhold, planterester og lignende, ikke plastiske hydroxidholdige mineraler i form af kraftig rustdannelse m.v.

Det skal pointeres at det kun er muligt at benytte glødetabet til reduktion for plastiske uorganiske komponenter. I tilfælde med plastiske organiske materialer så som fed gytje og lignende, er glødetabet oftest misvisende.

For forventet uorganiske materialer er forskellen mellem den opnåede regression på relation mellem I_p og glødetab og de maksimale data ca. 7 % -point i plasticitet.

Glødetabsbestemmelser er uegnede til at bestemme de plastiske egenskaber på ekstremt fede lertyper, specielt hvor der har været diagenese og lignende processer involveret. Dette er i Danmark specielt tilfældet i de Palaeogene formationer af meget fedt ler.

Der er for materialer, hvor hhv. arktisk, varmt tempereret og tropisk forvitningsprocesser er fremherskende ikke genfundet tilsvarende sammenhæng mellem glødetab og plasticitetsindeks. Derfor bør den her angivne formel til beregning af I_p ikke anvendes væsentlig udenfor det danske område.

Konklusion

Det anses for vist at der for uorganiske materialer findes en relation mellem plasticitet og glødetab. Det vurderes at denne relation konservativt kan udtrykkes ved en formel som:

$$I_p = 12,5 \cdot GI (\%) - 2,5$$

Dette kan endvidere udtrykkes som en klassifikation som i den nedenstående tabel gældende for De trufne data viser at der for uorganiske materialer kan fremsætte følgende grænser

Glødetab i %	Klassifikation
Under 1,0	Sandet eller stærkt sandet ler, silt eller sand
Mellem 1,0 og 2,2	Ret fedt ler
Mellem 2,2 og 4,2	Fedt ler
Over 4,2	Meget fedt ler

Såfremt det opnåede glødetab ikke stemmer overens med den geologiske vurdering af materialet kan der foretages plasticitetsanalyse efter Casagrande eller ved faldkegle, for at eftervise plasticiteten.

For materialer med et organisk indhold kan der foretages traditionel plasticitetsanalyse hvorefter glødetabet kan reduceres for plastiske uorganiske komponenter. Dette er dog under forudsætning af at de organiske komponenter ikke er plastiske.