

# Notat: Geoarkæologiske undersøgelser af plantenæringsstoffer i de forhistorisk dyrkningssystemer ved Østerild

Department of Geoscience

Søren Munch Kristiansen

Reports

ISBN: 978-87-7507-400-6  
DOI: 10.7146/aui.216.158

**Modtager(e):**

Anne-Louise Haack Olsen,  
Museet for Thy og Vester Hanherred

Notat

---

## **Notat: Geoarkæologiske undersøgelser af plantenæringsstoffer i de forhistorisk dyrkningssystemer ved Østerild**

Af Søren Munch Kristiansen

---

### **Resumé**

For Muesum for Thy og Vester Hanherred er der undersøgt hvorvidt der kan observeres hvor meget, og i så fald med hvad et marksystem ved Østerild dateret til lige omkring 500 år f.Kr., dvs. på overgang mellem bronze- og jernalder, har været gødsket. For at belyse dette, er jordprøver indsamlet ved mølleplads 7 som var datidens landbrugsland (dvs. indmark), og som reference, Mølleplads 3 som tolkes som datidens græsningsoverdrev (dvs. udmark) ud gødskning. Der er anvendt en ny multigrundstofs baseret tilgang til at belyse tilførslen af gødning til markerne, og ikke blot den traditionelle metode baseret på fosfat alene. Jordprøverne er indsamlet fra udvalgte horisonter, tørret, nedknust og opløst vha. 4-syrer inden 36 grundstoffer er analyseret i syreudtrækket ha. ICP-MS metoden. Derudover er jordens tekstur bestemt samt C og N. Endelig er en samlet multivariat statistisk analyse (PCA) lavet på dataene inden en geoarkæologiske tolkning af de samlede resultater.

Dataene viser, at al flyvesandet kun har fået indblandet meget lidt sand- og gruspartikler fra områder hvor der ikke findes helt den samme flyvesand. Indholdene af kulstof og kvælstof viser ikke noget entydigt billede pga. de varierende bevaringsforhold siden jernalderen, men forskelle i indholdet af trækul bør undersøges nærmere for evt. indflydelse på datidens dyrkningspotentiale.

Der er kun små forskelle i indholdene af plantenæringsstoffer imellem de prøver vi har fra ind- og udmarkerne på stedet, og ikke nogle som er signifikant forskellige. PCA analysen viste at de tidligere dyrkede jorde var en adskilt gruppe fra de ikke-dyrkede jorde. Indbydes relationer imellem de forskellige grundstoffer i jordprøverne kunne alene tolkes som geologisk betinget.

De naturlige processer er altså altdominerende i områdets begravede jordbunde, mens menneskelige signaturer i jordens sammensætning er meget svære at erkende. Generelt tyder niveauerne af plantenæringsstoffer som P og K på, at tilførslen har været meget ekstensiv sammenlignet med senere jernalder marksystemer. Det må altså forventes, at udbringning af en begrænset mængde affald (gødning?) henover det udgravede område ved Mølleplads 7 var rimelig homogen, og afspejler enten 1) meget kort tids udnyttelse af marken, 2) lavt indhold af plantenæringsstoffer i affaldet (gødningen?), og evt. i kombination med 3), en driftsform hvor marken havde mange års brak imellem hver afgrøde. Alt i alt har de undersøgte marker ved Østerild fra overgangen bronze-jernalder altså været et meget ekstensivt landbrugsområde set i et nutidigt perspektiv.

Til spørgsmålet om total kemiske analyser af forhistorisk jord kan bruges til at sammenligne planternes forsyning af næringsstoffer, er svaret ja. Grundet den generelt manglende berigelse i Østerilds indmark, kan vi her dog ikke lære nyt om mikronæringsstofferne i forhold til forhistorisk dyrkning som var et andet delformål.

### **Baggrund**

Nærværende notat er den faglige afrapportering af samarbejdsaftalen "Geoarkæologiske undersøgelser af plantenæringsstoffer i de forhistorisk dyrkningssystemer ved Østerild" og sker jf. dennes bilag 1 "i form af form af en let forståelig faglig rapport med data samt en geoarkæologisk diskussion og konklusioner af resultaterne". Baggrunden for nærværende notat kan ses heri.

Fra Museet er der modtaget al deres relevant dokumentation vedr. prøvetagning og udgravninger som danner en stor del af baggrundsinformation for nærværende notat. Det er oplyst, at de forløbelige datering fra området viser, at markerne var anvendt omkring 500 år f.Kr., dvs. på overgangen mellem bronzealderen og jernalderen. Denne datering anvendes derfor i det følgende, og marksystemet kaldes generelt "forhistorisk", velvidende at de endelige datering evt. kan flytte lidt på denne alder.

Lektor emeritus Kristian Dalsgaard, Institut for Geoscience, AU, deltaget i feltarbejdet og prøveindsamlingen. Professor Bent Odgaard har været meget behjælpelig med PCA analyserne. Herfor skal de begge have stor tak. Nærværende notat, inkl. evt. fejl og mangler, er dog alene Søren M. Kristiansen' ansvar.

### **Formål**

I denne rapport lægges særlig fokus på, om de total kemiske resultater direkte kan bruges til at sammenligne planternes forsyning af mikronæringsstoffer mellem datidens ind- og udmarker omkring Østerild, samt hvor intensivt datidens jordbrug var på stedet.

### **Materialer og Metoder**

Prøveudtagnings stederne ses beskrevet i Bilag 6 til og med Bilag 10.

Side 3/28

### **Jordprøver**

Prøverne udtaget af hhv. Museum ofr Thy og Vr. Hanherred, Kristian Dalsgaard og Søren Munch Kristiansen i tre omgange, da det skulle afpasses med entreprenørens arbejde på lokaliteterne Mølleplads 7 (MP7) hhv. Mølleplads 3 (MP3). Dette indbefatter ikke blot jernalderens dyrkningsjord ved MP7, men også et antal naturlige, referenceprøver fra arealer som er uden spor af jernalderen dyrkning, dvs. som var datidens udmarker (ved MP3).

### **Profilbeskrivelse - Østerild mølleplads 3**

Dato: 3.6. 2013 SMK med Anne-Luise Haack Olsen. Profilet var tydeligvis helt naturligt og uden spor af human aktivitet, hvilket gør den god som reference profil.

Noter: Vi havde kun ca. 20 min. pga. gravearbejdet, så jeg profilbeskrivelsen gik stærkt i felten. Prøver udtaget er OK repræsentative, men profilen er rimeligt egnet som reference profil for total geokemi trods manglen på moderne jordbund pga. afgravning og at der har været dyrket græsmark fra ca. 1950 og frem på stedet. GPS kvoter se Bilag 6. Øverst: fyld, ukendt tykkelse pga. afgravning.

### **Profilbeskrivelse – Østerild mølleplads 7**

Profilbeskrivelser af Anne-Louise- Haack-Olsen og Kristian Dalsgaard 2012. Øverst ligger 1,5 m flyvesand. Derunder et lag c-rig tørv på ca. 50 cm. Øverst i tørvten stod mange sandfyldte spor efter dyr, der har gået i området efter at der var blevet mere tørt. Under tørvten ligger så endelig, 2 m under overfladen, et forsegleet landbrugslandskab fra oldtiden. At dømme efter nogle af de potteskår, som er fundet i pløjelaget er vi formentlig lige omkring 500 f. Kr., på overgangen mellem bronzealderen og jernalderen. Pløjesporene fra arden står tydeligt i det lyse sand. Pløjelaget er et 12 cm tykt lag af gråt sand med spredte rester af affald fra husholdningen: Små stumper af potteskår, flintafslag, nistre af trækul og stykker af kogesten, der har været brugt ved madlavningen.

### **Laboratoriearbejdet**

BEMÆRK, at data forsøges holdes i bilagene, da det gør notatet mere læsevenligt. Her startes derfor med et overblik over jordprøverne, deres arkæologiske kontekst, prøvetype og hvem der har udtaget dem i felten.

**Figur 1. Overblik over jordprøver**

PrøveID/sted	Kommentar	Hori- sont	Prøve- Type&	Udtager\$
Indmark -pløjelag (MP7)				
Thy6088_61	Udtaget fra 10 l af forhistorisk dyrkningslag	Apb	pose	ALHO
Thy6088_109	Udtaget fra 10 l af forhistorisk dyrkningslag	Apb	pose	ALHO

PrøveID/sted	Kommentar	Horisont	Side- Prøve- Type&	Udtager\$
Thy6088_118	Udtaget fra 10 l af forhistorisk dyrkningslag	Apb	pose	ALHO
Thy6088_140	Udtaget fra 10 l af forhistorisk dyrkningslag	Apb	pose	ALHO
Thy6088_147	Udtaget fra 10 l af forhistorisk dyrkningslag	Apb	pose	ALHO
Thy6088_149	Udtaget fra 10 l af forhistorisk dyrkningslag	Apb	pose	ALHO
Thy6088_153	Udtaget fra 10 l af forhistorisk dyrkningslag	Apb	pose	ALHO
Thy6088_3a	Udtaget med graveske af forhistorisk dyrkningslag	Apb	pose	ALHO
Thy6088_G4 1a	Udtaget med volumen rør af forhistorisk dyrkningslag	Apb	vol	ALHO
Thy6088_G4 1b	Udtaget med volumen rør af forhistorisk dyrkningslag	Apb	vol	ALHO
Thy6088_61.1	Ap-horisont, gråbrun sand	Apb	vol	KD
Thy6088_63.1	gråbrun sand, 5 cm u. gl. terræn, ardspor	Apb	vol	KD
Thy6088_62.2	nedre del 12-22 cm u. gl. terræn, lidt lysere	Apb	vol	KD
Thy6088_62.1	øvre del 0-12 cm u. gl. terræn, svag gråbrun	Apb	vol	KD
<b>Indmark - underjord (MP7)</b>				
Thy6088_3b	Udtaget med graveske af forhistorisk dyrkningslag	Cb	pose	ALHO
Thy6088_C	Udtaget med graveske under forhistorisk dyrkningslag	Cb	vol	ALHO
Thy6088_x108	Udtaget under lille "dump" af skår, småsten, mv.	Bb	pose	ALHO
Thy6088_G4 2a	Udtaget med volumen rør af forhistorisk dyrkningslag	Cb	vol	ALHO
Thy6088_G4 2b	Udtaget med volumen rør af forhistorisk dyrkningslag	Cb	vol	ALHO
Thy6088_62.3	C-horisont,	Cb	vol	KD
Thy6088_61.2	C-horisont svag gulbrun	Cb	vol	KD
Thy6088_63.2	C-horisont, lys gulbrun, sand, rødgyldne redox striber	Cb	vol	KD
<b>Udmark (MP3)</b>				
ThyMP3_1C	Sand 5Y 8/2, mange rødder, 50 cm tyk	C	vol	SMK
ThyMP3_2O	Planterester, recente rødder, gley 2 2,5/5, 8 cm	O	vol	SMK
ThyMP3_2C	Sand, rødder, + redox udfældninger, 5Y 7/2, 51 cm	C	vol	SMK
ThyMP3_3A	lamineret sand, med org. stof, 2,5Y 3/1, 20 cm tyk	A	vol	SMK
ThyMP3_3C	5Y 7/2, få rødder, >135 cm tyk	C	vol	SMK
ThyMP3_4A	Ikke beskrive pga. tidspresset fra maskinførerne	A	vol	SMK
ThyMP3_4C	Ikke beskrive pga. tidspresset fra maskinførerne	C	vol	SMK
ThyMP3_5O	Ikke beskrive pga. tidspresset fra maskinførerne	O	vol	SMK

& enten i stål volumen rør eller udgravet med ske til pose.

\$ KD/ALHO/SMK: hhv. Kristian Dalsgaard, Anne-Louise Haack Olsen og Søren M. Kristiansen.

### **Laboratoriearbejdet**

De naturvidenskabelige undersøgelser har omfattet følgende metoder: prøveforbehandling, teksturanalyser, total kemiske udtræk af jordprøverne, analyse vha. ICP-MS, samt multivariat statistisk analyse inden en geoarkæologiske tolkning af de samlede resultater.

Ved Østerild er der analyseret i alt 30 jordprøver for makro- og mikronæringsstoffer for at give et tilfredsstillende billede af dyrknings- og gødningspraksis på lokaliteten. Jordprøverne er først lufttørrede, 2-mm sigte og nedknuste på Institut for Geoscience, Aarhus Universitet. Den kemiske analyse er foregået hos det Canadiske firma ACMELAB. Til kemisk oplukning af jorden inden ICP-MS analyse er der anvendt en stærk kemisk flere-syre metode (som anbefalet i Nielsen & Kristiansen, 2014), som opløser alle mineraler i jorden, og som dermed både kan bruges til at beskrive antropogent tilførte og naturligt tilførte (oftest svært opløselige) grundstoffer. Denne metode "Ultra Trace ICP-MS (MA250)" analyse giver næsten totale indhold af alle grundstoffer, og er lavet på en 0.25 g delprøve som er opvarmet i HNO<sub>3</sub>-HClO<sub>4</sub>-HF og dernæst inddamlet til tørhed. Residualen er så opløst i HCl inden analyse på ICP-MS.

De grundstoffer som fandtes i tilstrækkelig høje koncentrationer til at kunne måles over detektionsgrænserne og med tilstrækkelig præcision på gentagne standarder ( $r^2 > 0,95$ , antal gentagelser=12) var (i alfabetisk rækkefølge): Al, Ba, Ca, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Dy, Er, Fe, Ga, Gd, Hf, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Nd, Ni, P, Pb, Pr, Rb, Sb, Sc, Sm, Sr, Th, Ti, Tl, U, V, Y, Yb, Zn, og Zr. Disse er efterfølgende anvendt i PCA analysen (se senere) og til at kvantificere hvad der er tilført dyrkningsjorden af kendte gødningsstoffer som fosfor (P).

Tekstur (jordens partikel sammensætning) blev analyseret efter organisk stof var fjernet med brintoverilt. Efter at prøven var delt ved 63 mikrometer, blev hhv. en tør (<63 mikrometer) og en våd fraktion (mindre end) kørt igennem en laser diffraktion meter og kornenes størrelser blev bestemt. Se Dalsgaard og Nielsen (in prep.) for detaljer.

### Statistisk

ICP-MS dataene er efterfølgende analyseret statistisk vha. principiel komponent analyse (PCA) som giver muligheder for at forstå sådanne store og komplekse multivariate datasæt på en helt ny måde (fx Esbensen, 2012). Dette er som sagt først for nyligt blevet muligt, og data for denne tilgang er endnu ikke publiceret for Danmark og i begrænset omfang internationalt (se fx Nielsen og Kristiansen, 2014). Desuden er detrended correspondence analysis (DCA) også udført, for undersøge homogeniteten de enkelte grupper, især de som er dannet p.b.a. PCA analysen. Alle ICP-MS data er i parts per million (ppm), dvs. det er et lukket datasæt hvorfor data transformeret med log-ratio (centered log-ratio, ref. Aitchison) i programmet CoDaPack v. 2.01.15. Alle følgende ordinationer er lavet i Canoco version 4.56. DCA af alle prøver (på utransformerede prøver, da DCA ikke accepterer negative værdier) viser en gradientlængde langs akse 1 på 1,10 SD, hvilket afspejler en noget heterogen gruppe af prøver samlet set.

## **Resultater og Diskussion**

Side 6/28

---

### ***Tekstur***

Data ses i Figur 2 samt

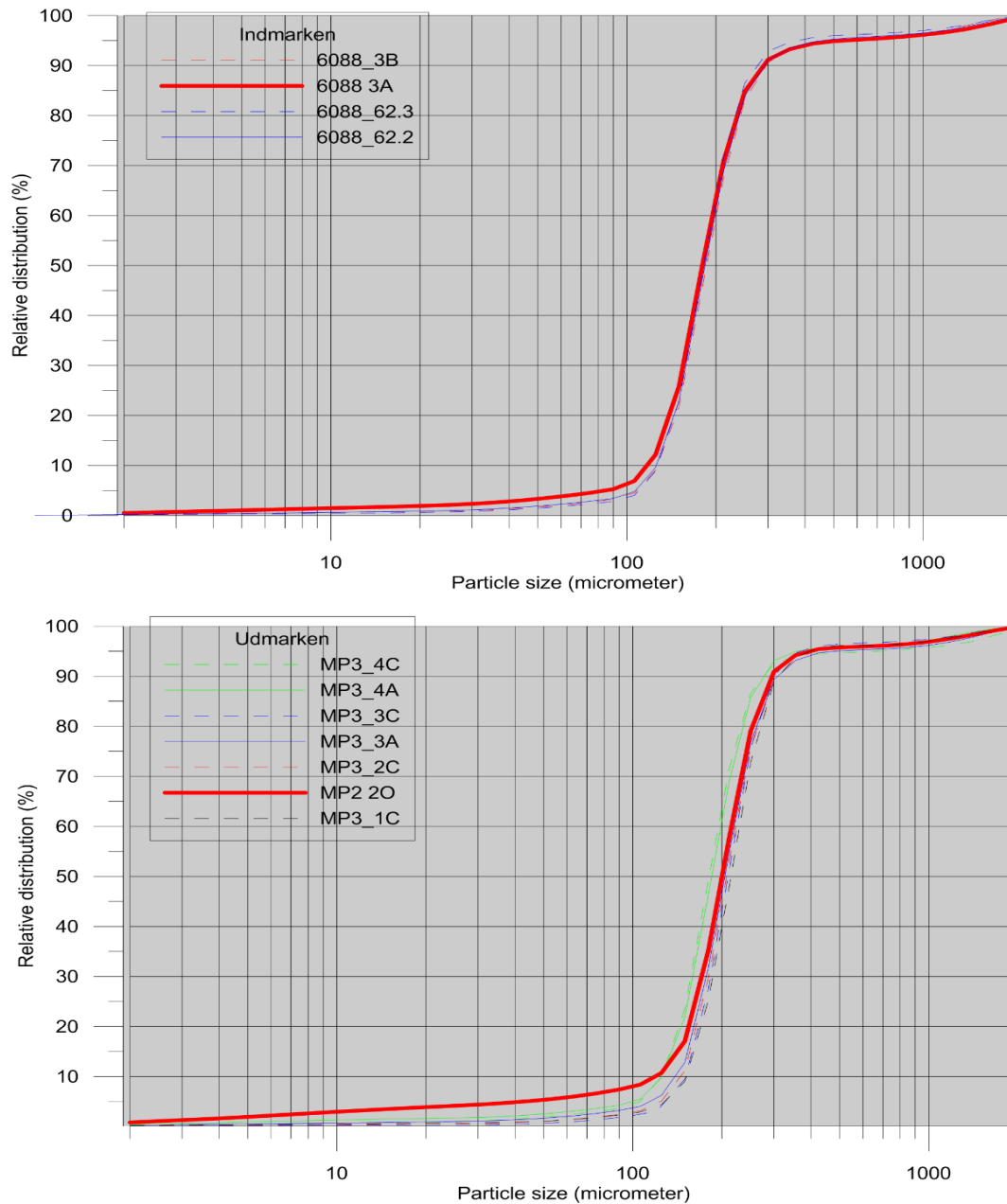
---

---

---



**Bilag 12.** Her er analyseret jordens tekstur for en mindre udvalgt gruppe af prøverne, som er repræsentative til at undersøge om der er tilført mineraljord fra områder der ikke ligner nærområdets naturlige jordbund. Til sammenligning er der i Figur 3 vist dataene fra Dalsgaard & Nielsen (in prep.) fra Bjerre Enge 4. Alle prøver de næsten fri for ler, har meget lidt silt og langt hovedparten af partiklerne er i sandfraktionen.



**Figur 2. Tekstur i mikrometer fra Østerild Mølleplads 3 og 7, hhv. ind- og udmark.**

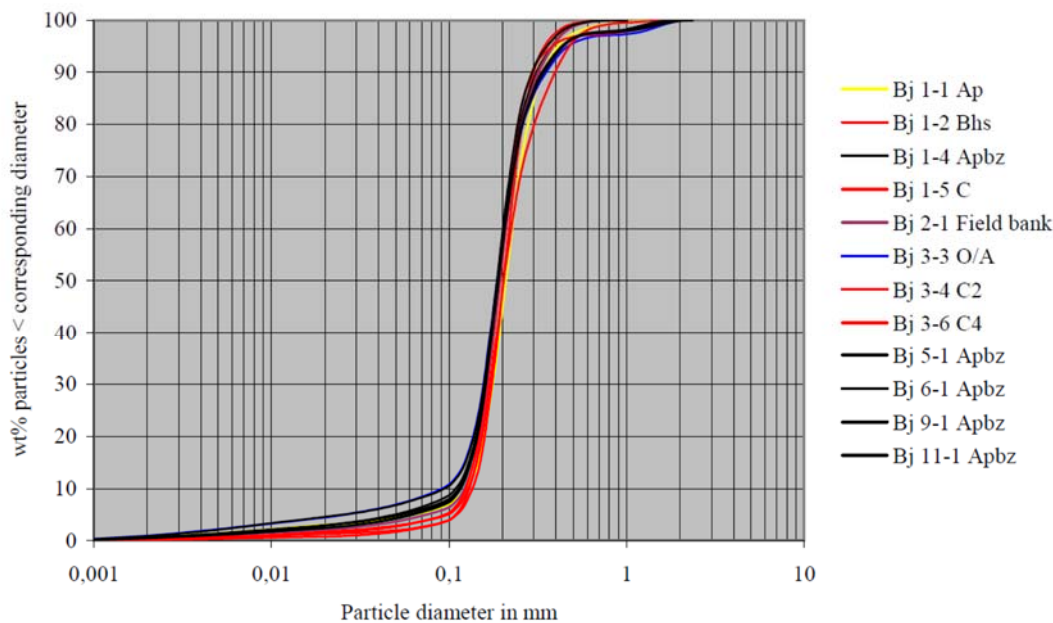


Fig. 3. Cumulative particle size distribution. All the Bronze Age plough layers are black.

**Figur 3. Tekstur fra Dalsgaard og Nielsen (in prep.) for Bjerre Enge nr. 4.**

Ved at sammenligne Figur 2 og Figur 3 ses en markant lighed både mht. formen af kurverne, men også mht. hvordan de dyrkede horisonter, deres underjord og referencprøverne (se prøveoverblik i Figur 1) ligger og hvordan især de mest organisk rige horisonter fordeler sig ifht. de øvrige.

Først, både ind- og udmark har klart form som flyvesand både ved Bjerre og her ved Østerild, og med helt sammenlignelige fordelinger i både den fine og den grovere hale” på procent fordelingerne. Desuden ses der i de øvre flyvesandshorisonter i Østerild, fx 1c og 2C vs. 4C, at kurven er stejlere end i de første flyvesandsaflejringer på stedet. Dette er et typisk tegn at der er foregået en gradvis bedre sortering af sandet. Enten ved at det har fløjet længere fra erosionskilden, eller at det ældre flyvesand er genaktiveret i lokalområdet og dernæst flyttet flere gange.

For det andet, ses der at fx en tydelige effekt at flyvesand der har ligget læn- gere tid på jordoverfladen, får en lidt større andel af silt (fx 3 O/A i Bjerre og 2O i Østerild). Dette er velbeskrevet i litteraturen, og skyldes at de mest porøse sandkorn langsomt men kontant brækker til siltstørrelse i stykker som følge af biologisk og ke- misk forvitring og dels et konstant, mindre atmosfærisk nedfald af siltpartikler (Nørnberg, 2002). Det ekstra silt der trods alt findes i de dyrkede lag (kurvene for fx Bjerre 1-4 Ap<sub>bz</sub> og Østerild’ 6088 3A) er altså ikke nødvendigvis tilført, men skyldes i lige så høj grad naturlige processer i jordoverfladen.

## Kulstof og kvælstof analyser

Da grundstofferne C og N ikke er analyseret med ICP-MS pga. metodiske problemer i ICP, og ikke er analyseret på helt samme underprøver, indgår i de PCA analyserne herunder. Formålet er at holde fortolkningerne af ICP-MS dataene så klare og entydige som mulige.

**Figur 4. Gennemsnitlige indhold af kulstof og kvælstof i jorden fra de tre hoved typer af arealanvendelse hhv. dybde i datiden.**

PrøveID/sted	C vægt %	N vægt %	C/N forhold
<b>Indmark –pløjelag (MP7)</b>			
Gennemsnit	0,87	0,06	15
Standardafvigelse	0,29	0,02	1
<b>Indmark - underjord (MP7)</b>			
Gennemsnit	0,16	0,01	12
Standardafvigelse	0,15	0,01	1
<b>Udmark (MP3)</b>			
Gennemsnit	3,38	0,20	14
Standardafvigelse	6,88	0,42	4

Der er altså langt mest C og N i udmark sammenlignet med indmark, men omvendt så er der meget store variation i udmarken. C/N forholdene er stort set sammenlignelige hhv. i ud- og indmark, men lidt lavere med dybden i indmark som man typisk ser nærmere sig et forhold omkring 10-12. Sammenfattende viste indholdene af de to grundstoffer C og N at der er moderate til lavt indhold af både C og N i datidens dyrkede jord. Dette må dels skyldes, at noget af det organiske stof i jordbunden er omsat siden dyrkningen, ophørte da jorden ikke forventes at har ligget anaerobt under grundvandspejlet hele tiden (Breuning-Madsen et al., 2009; Thomsen et al., 2008) og dels at en sådan sandet jord også i dag har et lavt indhold af organisk stof, da den så sur jordbunds naturligt vil få en litter-/bladlag på overfalden. Så som udgangspunkt må det forventes, at de nuværende indhold af C og N vanskelige kan relateres til datidens niveauer i hhv. ind og udmark.

Det er dog interessant at der trods alt der fortsat er store forskelle imellem C indholdet i datidens indmark (0,4 til 1,3 vægt %). Hvis dette sammenholdes med at flokkuleringerne viste store mængde trækul kan det tænkes at det vi primært måler som C her, er trækul og de forskelle som datidens arealanvendelse medførte af trækul Trækullets indvirkning på dyrkningsegenskaberne er ikke undersøgt her i Østerild, men det kan være en overset faktor. For meget ny forskning indikerer, at trækul (kaldet bio-char i dag) giver en meget bedre landbrugsjord – især på næringsfattige og sandede jorde. Så dette forhold burde undersøges nærmere også for Østerild.

Indholdene af kulstof og kvælstof viser ikke noget entydigt billede pga. de varierende bevaringsforhold, men indholdet af trækul bør undersøges nærmere for evt. indflydelse på datidens dyrkningspotentiale. Dette er allerede foreslået af Davidson et al. (2007) for lignende jorde, men øjensynlig ikke gjort noget sted i verden endnu.

### ***Makro- og mikronæringsstoffer i Østerild***

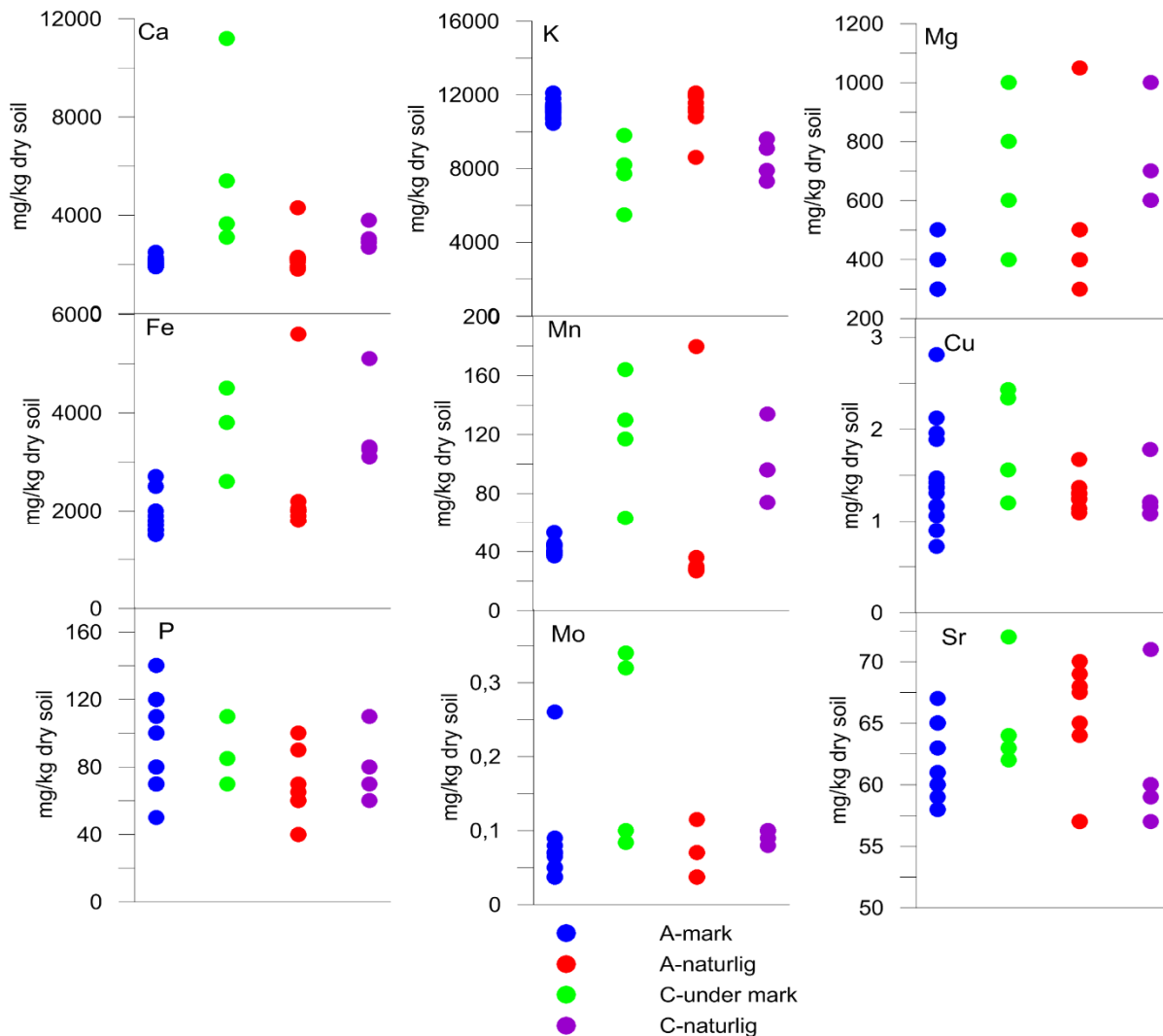
Her bliver der sammenlignet de grundstoffer som med sikkerhed vides, at være at betydning for planteernæringen og dermed som teoretisk kan have betyder noget for det forhistoriske dyrkningspotentiale ved Østerild. I Bilag 13 ses alle ICP-MS dataene. En vigtige kilde som anvendes i teksten herunder er Tyler (2004) som viser fordelingen af grundstofferne i en sammenlignelig naturlig jorden, og som i teorien kan bruges til at påvise evt. anthropogene påvirkninger i Østerild.

I

Figur 5 ses det, at ingen essentielle grundstoffer er tydeligt beriget eller udpint i den dyrkede jord relativt til de naturlige udyrkede jord. Dernæst, når man sammenligner med koncentrationer for disse grundstoffer fundet i andre undersøgelser (f. Nielsen og Kristiansen, 2014 og Dalsgaard og Nielsen, in prep.), så er Østerild' niveauer meget lave eller på niveau med hvad der findes ved Bjerre. Kun den nederste overflade lige over det marine sand 50 har markant højere niveauer, og er i flere tilfælde ikke vist i

Figur 5 men kun i Bilag 13. Denne markante berigelse er helt naturlig, og viser, at datidens (Stenalder/Bronzealder) lagune/fjord havde en væsentlig højere indhold og tilførsel af plantenæringsstoffer end da landhævningen og flyvesandet begyndte at dominere landskabet.

Fosfor (fosfat) i jorden er det traditionelt anvendte grundstof til at påvise forhistorisk dyrkning. I Østerild er P beriget i både de naturlige og de dyrkede jorde, og helt til de samme niveauer når man sammenligner med underjordene. Overjordene har i indmarken har 100 i median og udmarken' A-horisonter har 98 mg P /kg i median, og hhv. 98 og 331 mg P /kg i gennemsnit. Forskelen mellem median og gennemsnit afspejler alene, at den dybt begravede 50 laget fra den marine fase er stærkt beriget på næringsstoffer, Niveaue i udmarkens A-horisonter afspejler altså blot helt naturlige processer som følge af, at planter kontinuert henter P til overfladen, og det her akkumuleres ved at bindes irreversibelt til jordens overflader. Den smule ekstra P som trods alt findes i nogle af indmarkens jordprøver, viser at der meget sporadisk er tilført lidt materiale/gødning som har været beriget på P.



Figur 5. Indholdene af hhv. essentielle plantenæringsstoffer (calcium, kalium, magnesium, jern, fosfor, kobber, strontium, og mangan) som i tidligere geoarkæologiske undersøgelser er påvist tilført eller fraført landbrugsjord som følge menneskelige aktiviteter. A-mark og A-naturlig er hhv. forhistoriske pløjelag og begravede forhistoriske naturlige overflader og så underjord i hhv. indmarken (A-under) og udmarken (A-naturlig). Se Figur 1 for mere om prøverne.

Niveauerne for calcium, kalium og magnesium der ses i

Figur 5 viser at der er mere i underjorden end i overjorden, ligesom at de naturlige og dyrkede har meget ens koncentrationer. Dette viser, at der er sket en vis naturlig udvaskning og forvitring af mineralerne med Ca, K og Mg i overjorden, men ikke i underjorden. Dette er helt naturligt og kendes fra mange studier i sandjord. Der må igen konkluderes, at den forhistoriske dyrkning ikke har påvirket jorden i væsentlig grad

— hvad angår disse plantenæringsstoffer, lige som det indikere, at der ikke er tilført noget jord eller andet naturligt materiale som er rige på disse stoffer.

Mangan og jern indholdene er højere i underjorden end i overjorden. Indmark hhv. udmærkers A-horisonter er yderligere ens. Dette tilskrives også alene naturlig processer – især redox processer – som langsomt frigiver Mn og Fe i reducerende miljøer hvor de også kan ophobes.

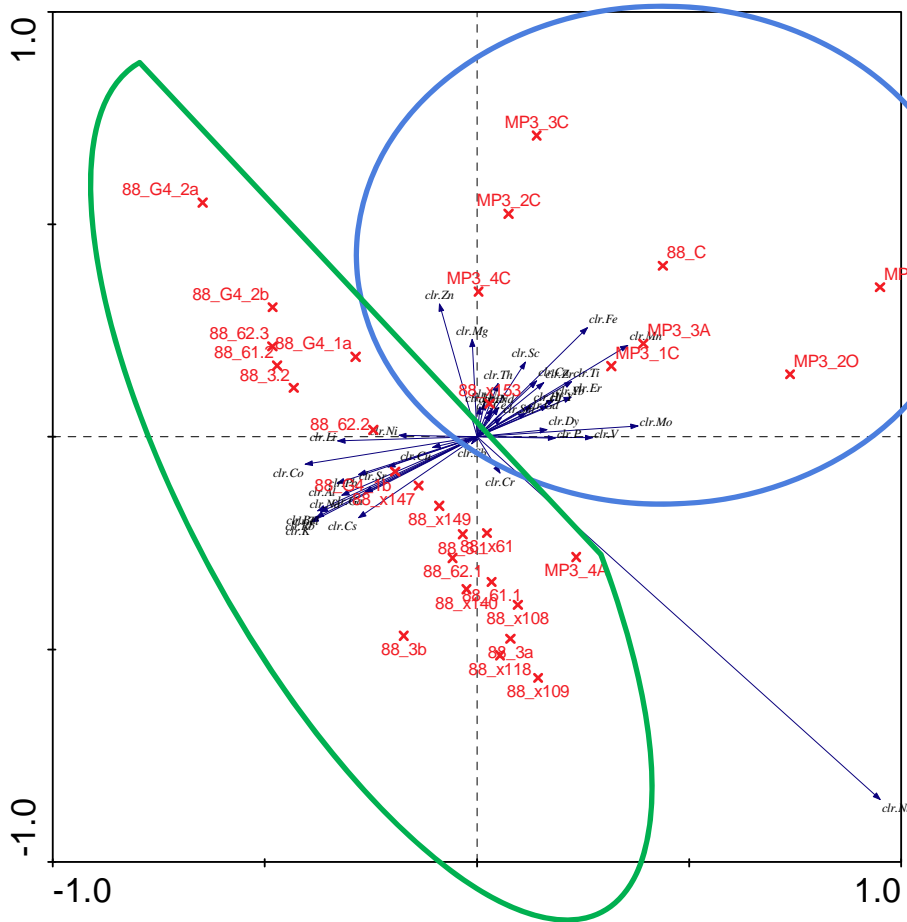
— De mere sjældne plantenæringsstoffer og/eller antropogent tilførte stoffer strontium, molybdæn og kobber er heller ikke beriget i væsentlig grad i gennemsnit eller i median, og niveauer er stort som forventes i naturlige jordbunde (sml. igen med Tyler, 2004).

Alle de øvrige grundstoffer der er analyseret (se afsnit om laboratoriearbejdet) gennemgås ikke yderligere, da deres relation til menneskelig aktivitet er dårligt belyst, og da de ovennævnte bedre kendte stoffer ikke viste entydig menneskelige påvirkning.

### ***PCA analyserne***

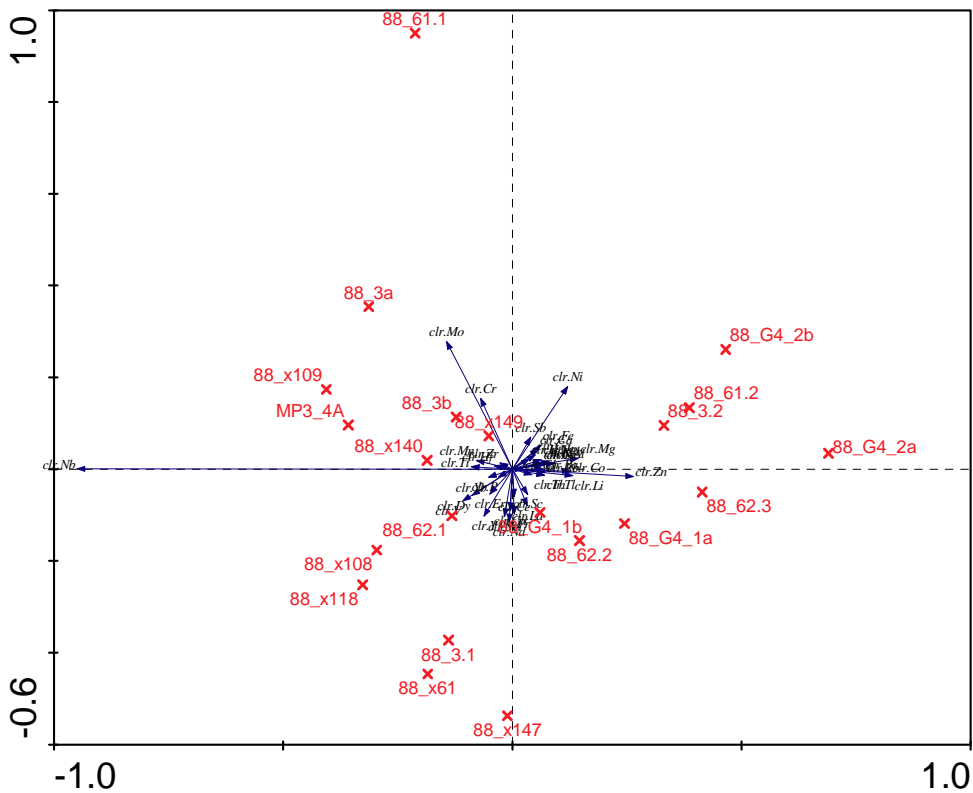
— Et ordinations-plot af PCA-scores for grundstofferne plottet på akse 1-2 for alle data (Figur 1) viser, at hovedparten af alle datapunkter (gruppe 1) ligger i et bånd, der krydser fra 4. kvadrant ned mod 2. kvadrant. Undtaget (gruppe 2) for denne gruppe er følgende prøver: Alle ThyMP3 – undtagen ThyMP3\_4A samt Thy6088\_x153 og Thy6088\_C. ThyMP3\_5O og delvist ThyMP3\_2O kan betragtes som outliers. De har begge usædvanligt høje værdier af Mo og Zn, mens 5O også har meget høje værdier af Fe, Ca og P. Alle tre er de organisk rige naturlige overjorde. Gruppe 1 med alle de forhistoriske markers A-horisonter udmærker sig som gruppe ved at have større end gennemsnitlige værdier for Pb, Co, Ba, Al, Na, K, Rb, Cs, Ga og Ti. Dette er grundstoffer som ikke specifikt kendes som antropogent tilførte, men som typisk findes i højere koncentrationer i naturlig underjord. Individuelle prøver kan afvige fra dette mønster, men ikke i større omfang. DCA af gruppe 1 (på utransformerede prøver, da DCA ikke accepterer negative værdier) viser en meget kort gradient langs akse 1 (0,17 SD), hvilket afspejler en meget homogen gruppe af prøver.

—



Figur 1. PCA på alle prøver med markeringer om de to grupper, hhv. 1 (grøn) og 2 (blå). Ingen post-analyse transformering af vektorer.

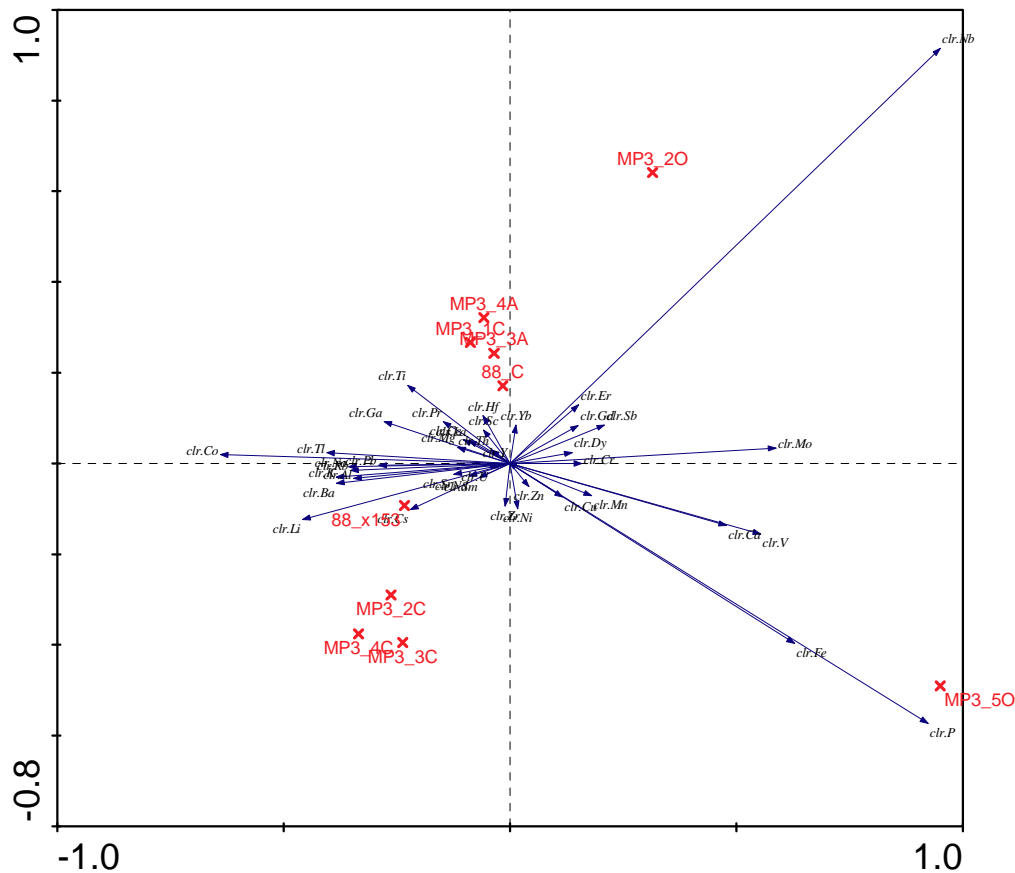
PCA af gruppe 1 for sig (Figur 2) viser at kun en begravet pløjelag/A-horisont (prøveID Thy6088\_61.1) skiller sig noget ud fra de andre prøver. Den har lavere Cu og højere Cr end resten af gruppen. Set i feltet havde denne prøve ikke en speciel kontekst (se Figur 1. Overblik over jordprøver) men var almindelige jord i pløjelaget. Den prøve man måske ville forvente som afviger, nemlig Thy6088\_x108 som lå ved en lille "dump af småsten" er ikke specielt afvigende, snarere tvært imod. "Dumpen" har altså øjensynlig ikke været beriget i plantenæringsstoffer.



Figur 2. PCA på gruppe-1-prøver.

PCA af gruppe 2 for sig (Figur 3) viser igen de 2 O-prøver (mest organiske rige horisonter af dem alle) som afvigende, mens resten grupperer sig i to tydeligt adskilte grupper bestående af MP3\_4A, MP3\_3A, MP3\_1C og 6088\_C i 4 kvadrant samt de mere dybtliggende prøver fra hhv. 6088\_x153, Mp3\_2C, MP3\_3C og MP3\_4C i 3. kvadrant.





Figur 3. PCA på gruppe 2-prøver.

Samlet set viser den statistiske PCA og DCA analyse af jordprøverne fra Østerild, at der er en lang række interessant processer i jordbunden som har fordelt grundstofferne lidt forskelligt og som afspejler fordelingerne der ses i ovenstående PCA figurer. Men der er – som når man blot sammenligner deres koncentrationer som gjort ovenfor – ikke noget som klart viser en generel forhistorisk tilførsel af gødning. Man kan altså diskutere en masse spændende jordbundsprocesser ud fra dataene, men det er som bekendt ikke spørgsmål som skal inddrages her.

### Konklusioner:

De geoarkæologiske undersøgelser viste, at dyrkningspraksis her på overgangen mellem bronze- og jernalderen har beriget markerne ved Østerild– når de sammenlignes med andre undersøgelser – i meget ringe grad. Jordbundens daværende kapacitet til at forsyne datidens landbrugsafgrøder med alle nødvendige næringsstoffer og det i tilstrækkelige mængder var altså sandsynligvis meget beskeden. Som ved Bjerre plads

IV, kan der ved Østerild altså ikke påvises en omfattende gødskning, ud over de planteneringsstoffer man trods alt må forvente der kom med husholdningsaffaldet som de makroskopiske fund og trækullet indikerer.

Resultaterne viser dermed, at der ikke er tilført meget næringsstof til landbrugsjorden, men omvendt også, at ingen essentielle planteneringsstoffer er udpint i landbrugsjorden. Misvækst som følge af udpining af landbrugsjorden kan altså ikke påvises.

Flyvesandsaktivitet i området har været meget kraftig. Der ligger således op til 6 m flyvesand over det marine sand (i kote 6,4 DVR90), og den marine overflade må forventes at ligge meget horisontalt, da Østerild ligger i et fossilt fjord/lagune område. Flyvesandet må ud fra profilerne tolkes som værende aktiv før, under og efter dyrkningen af markerne, har givetvis gjort dele af Østerildområdet ressourcefattigt og ikke mindst udsat for gentagne dyrkningsmæssigt set katastrofiske begivenheder i forhistorisk tid.

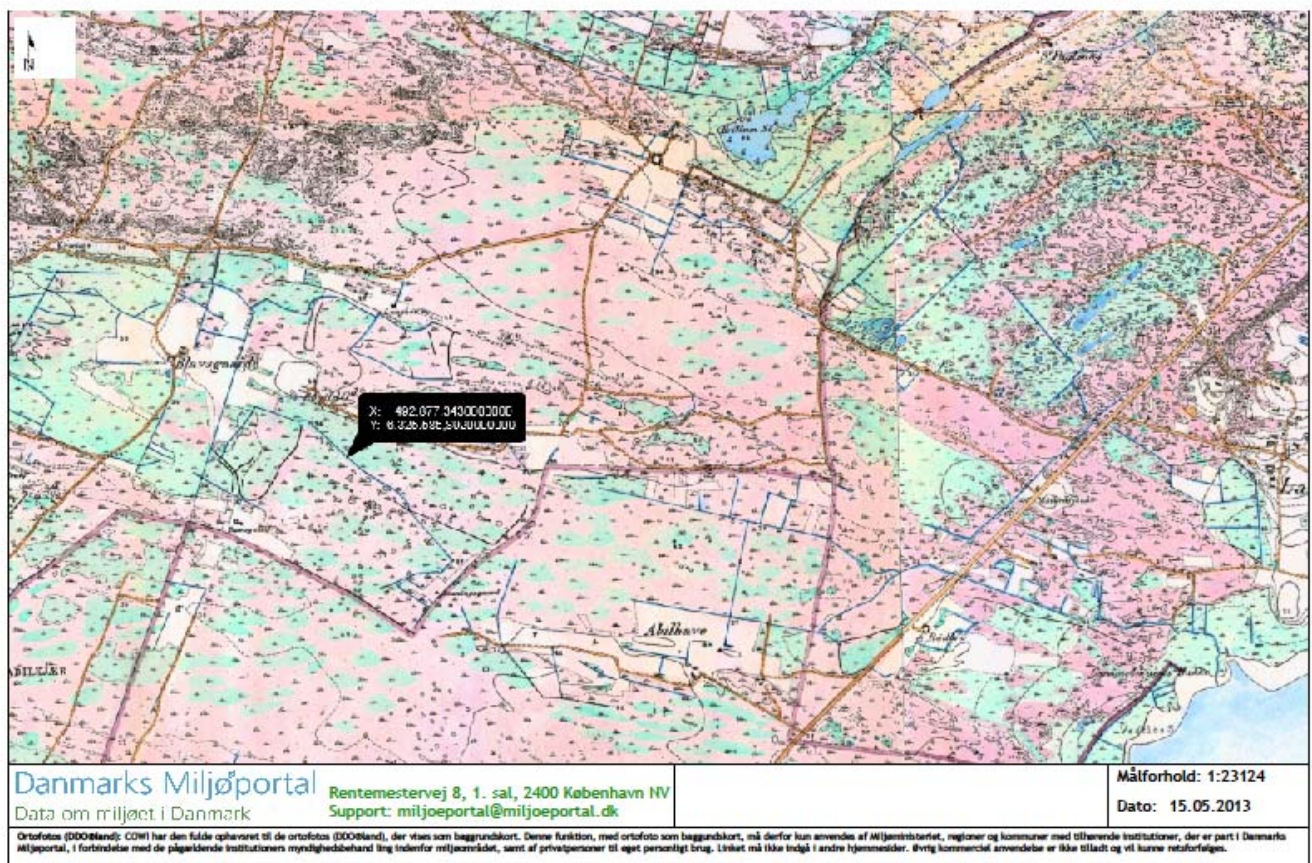
Den manglede berigelse af planteneringsstoffer i dyrkningsjorden bekræfter da også, at det forhistoriske Østerild var hvad man i 1980-erne ville kalde "marginaljord", dvs. et naturgivent generelt meget fattigt landskab, hvor der ikke kan hentes megen næringsstof ind udefra. Lave udbytter og problematiske dyrkningsforhold har været normen lige siden den første opdyrkning af området.

### Referencer

- Breuning-Madsen, H., Elberling, B. et al. (2009). "A comparison of soil organic carbon stock in ancient and modern land use systems in Denmark." European Journal of Soil Science 60: 55-63.
- Dalsgaard, K & Nielsen, M (in prep.). Where the fields at Bjerre 4 manured? Manuscript.
- Davidson, A., Dalsgaard, D. et al. (2007). The identification and significance of inputs to anthrosols in North-west Europe. *Atti Soc.tosc.Sci.nat., Mem., Serie A* 112: 79-83.
- Esbensen, K (2012). Multivariate analysis in practice. In Practice: an Introduction to Multivariate Data Analysis and Experimental Design. 5th Ed. CAMO software.
- Nielsen, NH & Kristiansen, SM (2014). Indicators for ancient manuring: Traditional phosphate vs. multi-element analysis of archaeological soils. *J. Archaeological Science*, 42: 390-398.
- Nørnberg, P. (2002). Particle comminution and aeolian addition in young dune sand soils. 17th World Congress of Soil Science, 14-21 August 2002, Thailand.
- Thomsen, I. K., et al. (2008). "Characteristics of soil carbon buried for 3300 years in a Bronze Age burial mound." *Soil Science Society of America Journal* 72(5): 1292-1298.
- Tyler, G. (2004). "Vertical distribution of major, minor, and rare elements in a Haplic Podzol." Geoderma 119(3-4): 277-290.

BILAG

**Bilag 6. Lokalisering af Mølleplads 3 (datidens udmark) vist på det høje målebordsblad fra slutningen af 1800-tallet, samt prøveudtagningslokalitet. Inkl. DGPS koordinater og højder for udvalgte horisonter (fra Anne-Louise Haack-Olsen hvor det var muligt for gravemaskinerne).**



Østkoordinat	Nordkoordinat	Kote	Løbenr.	ID	Prøve info	Udgangsmateriale
492.983.239	6.325.524.544	11.016	9.477	PROEVE 1C	do	flyvesand
492.982.956	6.325.524.707	10.563	9.475	PROEVE 2C	do	flyvesand
492.983.077	6.325.524.634	10.810	9.476	PROEVE 2A	do	flyvesand
492.982.734	6.325.524.819	10.228	9.474	PROEVE 3A	do	flyvesand
492.982.528	6.325.524.671	10.021	9.469	PROEVE 3 C	Prøve i udgravningskant Top af hul gravet med spade i fladen	flyvesand Tørv, blandet m. sand
492.974.642	6.325.531.108	7.219	9.466	KOTE		
492.973.564	6.325.528.830	6.443	9.467	KOTE	Bund af do	Marint sand

**Bilag 7. Fotos af de begravede jordbunde fra Vindmølleplads 3. Fotos: SMK**





(Horisonterne 4A og 4C hvor de to studerende ses grave på første foto herover)

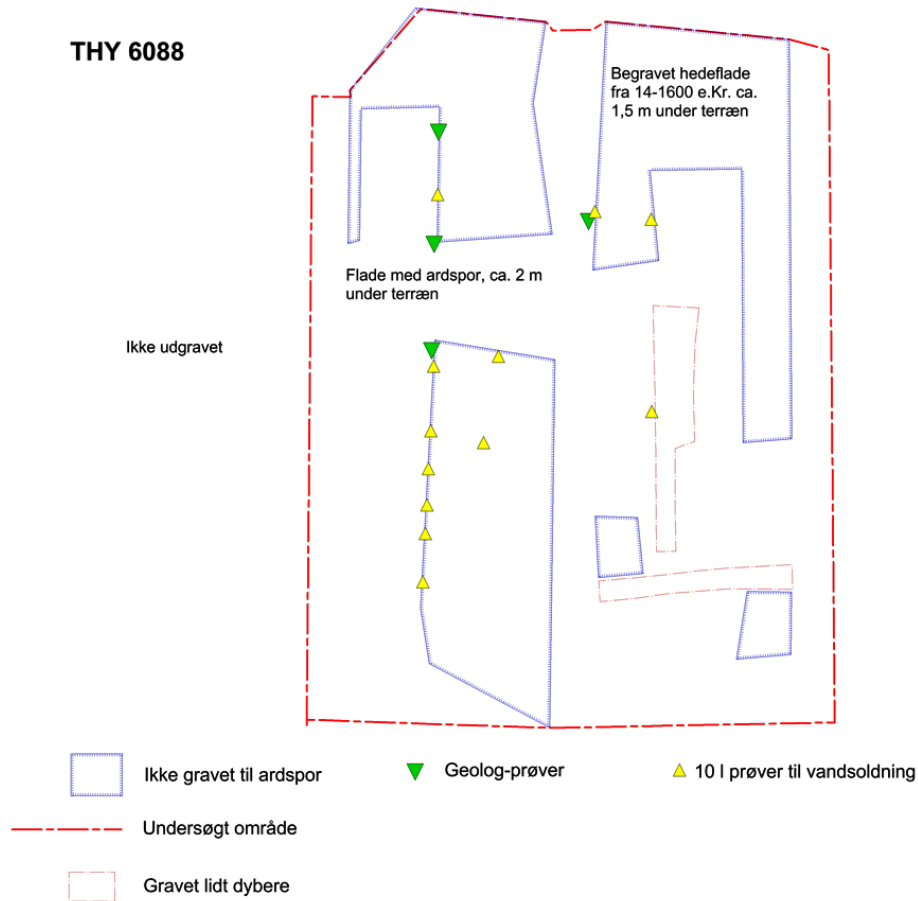
**Bilag 8. Foto af begravede jordbunde fra Vindmølleplads 7. Foto: Museum Thy & Vr. Hanherred.**



**Bilag 9. Prøveudtagnings steder ved Mølleplads 7. Prøveudtager Kristian Dalsgaard. Figur: Museum Thy & Vr. Hanherred. Sammenlign for prøve ID med Figur 1. Overblik over jordprøver.**

Side 20/28

THY 6088



**Bilag 10. Profil med prøveudtagnings steder ved Mølleplads 7. Prøveudtager Kristian Dalsgaard.  
Fotos: Museum Thy & Vr. Hanherred.**

Side 21/28



**Bilag 11. Total organisk kulstof og kvælstof i jord analyseret med CN Analyser.**

Side 22/28

PrøveID/sted	C vægt %	N vægt %	C/N forhold
<b>Indmark - pløjelag (MP7)</b>			
Thy6088_61	1,05	0,07	16
Thy6088_109	1,28	0,08	17
Thy6088_118	1,07	0,06	17
Thy6088_140	1,07	0,07	16
Thy6088_147	0,83	0,05	16
Thy6088_149	1,00	0,07	15
Thy6088_153	0,37	0,03	13
Thy6088_3a	1,21	0,09	14
Thy6088_G4 1a	0,69	0,05	15
Thy6088_G4 1b	0,72	0,05	15
Thy6088_C	0,06	0,01	10
Thy6088_61.1	1,03	0,07	15
Thy6088_63.1	0,89	0,06	15
Thy6088_62.2	0,36	0,03	14
Thy6088_62.1	0,65	0,04	15
<b>Indmark - underjord (MP7)</b>			
Thy6088_3b	0,17	0,01	12
Thy6088_x108	0,52	0,04	14
Thy6088_G4 2a	0,10	0,01	12
Thy6088_G4 2b	0,08	0,01	11
Thy6088_62.3	0,08	0,01	11
Thy6088_61.2	0,16	0,01	13
Thy6088_63.2	0,14	0,01	12
<b>Udmark (MP3)</b>			
ThyMP3_1C	0,05	0,01	10
ThyMP3_2O	5,48	0,28	20
ThyMP3_2C	0,06	0,01	11
ThyMP3_3A	0,17	0,01	16
ThyMP3_3C	0,05	0,00	10
ThyMP3_4A	1,33	0,09	15
ThyMP3_4C	0,12	0,01	12
ThyMP3_5O	19,77	1,21	16



**Bilag 12. Tekstur data**

	Ind-/ud- mark	Ler (<0.002 mm)	Silt (0.002-0.063 mm)	Sand (0.063-2 mm)
THY 6088_3a	ind	0,49	3,48	96,03
THY 6088_3b	ind	0,22	1,97	97,81
THY 6088_62.2	ind	0,19	0,95	98,86
THY 6088_62.3	ind	0,14	1,78	98,08
THY MP3_1C	ud	0,19	1,25	98,56
THY MP3_1C	ud	0,19	1,25	98,56
THY MP3_2C	ud	0,14	1,33	98,53
THY MP3_2O	ud	0,84	5,16	94,00
THY MP3_3A	ud	0,26	1,89	97,85
THY MP3_3C	ud	0,09	0,27	99,64
THY MP3_4A	ud	0,41	2,69	96,90
THY MP3_4C	ud	0,23	2,25	97,52

**Bilag 13. Total kemiske ICP-MS data. Udvalgte metaller som vides at kan være beriget i forbindelse med dyrkning eller jordbearbejdningserosion.**

Side 24/28

**Indmark-  
pløjelag**

PPM	Thy6088_3a	Thy6088_61.1	Thy6088_x109	Thy6088_x118	Thy6088_x140	Thy6088_x147	Thy6088_x149
Horizon	Apb	Apb	Apb	Apb	Apb	Apb	Apb
in/out	in	in	in	in	in	in	in
Mo	0,065	0,26	0,07	0,0375	0,09	0,0375	0,08
Cu	1,17	1,37	1,06	0,89	2,12	1,47	1,89
Pb	6,425	6,97	6,29	6,64	7,23	6,86	7,41
Zn	3,15	2	1,6	2,1	3	3,2	2,5
Ni	3,15	9,6	2,4	3,2	3,6	2,8	3,4
Co	137,45	169,1	125,3	167,3	221,6	195,3	180,7
Mn	45	43	40	38	40	38	44
Fe	2500	1600	1600	1500	1600	1600	1800
U	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Th	0,85	1,1	0,9	1	1	1,2	1
Sr	60	59	58	61	61	63	63
Sb	0,075	0,08	0,09	0,06	0,13	0,09	0,08
V	7	7	8	9	9	10	7
Ca	2150	2100	1900	1900	2000	2000	2100
P	50	100	110	80	70	70	140
La	3,05	4,4	3,8	4,8	5,3	6,3	5,1
Cr	7,5	16	9	7	5	5	6
Mg	300	400	300	300	300	400	400
Ba	254,5	272	247	262	299	297	287
Ti	560	570	580	540	520	550	580
Al	15950	16600	14900	16000	17300	17500	17800
Na	5750	5640	5510	5660	5730	5700	5480
K	10450	11100	10800	11100	11200	11300	11800
Zr	21,7	21,7	21,9	21,9	22,4	20,9	22,4
Sc	0,65	0,6	0,6	0,5	0,7	0,6	0,8
Y	2,55	2,7	2,9	3,5	4,1	4,7	3
Ce	6,64	9,96	8,08	10,73	9,78	11,75	9,72
Pr	0,75	1	1	1,1	1,2	1,6	1,1
Nd	2,55	3,4	3,6	4,8	4,9	5,7	4,7
Sm	0,65	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	0,7
Gd	0,5	0,6	0,5	0,9	0,7	0,9	0,5
Dy	0,45	0,8	0,5	0,6	0,6	1,1	0,8
Er	0,25	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
Yb	0,35	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3
Hf	0,61	0,62	0,67	0,78	0,61	0,59	0,66
Li	2,35	2,6	1,7	2,3	2,5	3,1	2,9
Rb	35,85	35,9	36,6	37,1	41,5	43,4	41,7
Nb	1,765	0,87	1,83	1,66	1,04	0,48	0,52
Cs	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Ga	3,28	3,79	3,78	3,32	3,66	3,53	3,56
Tl	0,185	0,2	0,2	0,21	0,24	0,24	0,22



Udmarken- pløjelag PPM	Thy6088_x153	Thy6088_x61	Thy6088_G4		Thy6088_3.1	Thy6088_G4 <sup>side 25/28</sup>	
			1a	Thy6088_62.1		2a	Thy6088_62.2
Horizon	Apb	Apb	Apb	Apb	Apb	Apb	Apb2
in/out	in	in	in	in	in	in	in
Mo	0,07	0,07	0,05	0,0375	0,05	0,0375	0,0375
Cu	2,81	1,96	1,42	0,72	1,37	1,67	1,16
Pb	7,51	7,62	7,02	6,37	6,96	7,88	7,58
Zn	5,5	2,4	4,7	2,8	2,2	5,6	5,1
Ni	3,5	2,7	2,5	4,2	3,5	4	3,9
Co	179	158,6	189,7	188,7	175,7	205	197,1
Mn	53	44	45	37	40	28	39
Fe	2700	1700	1800	1700	1500	2000	2000
U	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Th	1,4	1,3	1	0,9	1	1,1	1,1
Sr	65	65	58	60	65	68	67
Sb	0,1	0,06	0,06	0,05	0,08	0,08	0,06
V	11	8	7	7	12	5	6
Ca	2500	1900	2000	2200	2000	2300	2200
P	120	100	120	120	70	70	140
La	8,5	7,1	4,7	4,5	5,5	4,5	5
Cr	6	6	6	6	6	6	6
Mg	500	400	400	400	300	500	500
Ba	293	301	285	263	292	291	304
Ti	670	620	550	490	540	370	470
Al	18300	17800	18400	17000	17000	19000	18500
Na	5810	5750	5930	5860	5680	6280	5610
K	11500	11400	11300	10700	11400	11900	12100
Zr	24	23,1	22,4	19	21,2	17,2	21
Sc	1,2	1	0,9	0,7	1	0,7	0,9
Y	6,3	4,3	3	2,7	5	2,3	2,9
Ce	18,03	14,89	8,87	9,93	10,73	8,67	10,36
Pr	2,2	1,8	1	1,1	1,4	1,1	1,1
Nd	8,6	7,2	4,1	3,6	5,3	3,6	4,3
Sm	1,4	1,2	0,8	0,9	1	0,7	0,7
Gd	1,2	0,9	0,6	0,6	0,8	0,5	0,6
Dy	0,7	0,9	0,5	0,6	0,8	0,5	0,6
Er	0,6	0,6	0,2	0,2	0,5	0,3	0,3
Yb	0,6	0,4	0,5	0,3	0,4	0,3	0,5
Hf	0,67	0,69	0,59	0,55	0,59	0,56	0,45
Li	3,5	2,9	3	2	2,8	3,3	3,8
Rb	41,8	41,8	40,8	36,2	39,9	42	41,1
Nb	0,64	0,89	0,16	0,83	0,69	0,03	0,33
Cs	0,4	0,5	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4
Ga	3,54	3,58	3,53	3,23	3,42	4,14	3,68
Tl	0,23	0,24	0,22	0,2	0,22	0,22	0,24



**Indmark-  
underjord**

Side 26/28

PPM	Thy6088_3b	Thy6088_G4 2b	Thy6088_3.2	Thy6088_x108	Thy6088_62.3	Thy6088_61.2	Thy6088_G4 1b	Thy6088_C
Horizon	Cb	Cb	Cb	Apb-med skår	Cb	Cb	Cb	Cb
in/out	in	in	in	in	in	in	in	in
Mo	0,0375	0,07	0,0375	0,07	0,0375	0,0375	0,0375	0,115
Cu	1,14	1,31	1,37	1,24	1,3	1,09	1,31	1,25
Pb	6,1	7,64	7,07	6,29	7,86	7,13	7,08	7,705
Zn	2,4	5,7	4,7	4,3	3,7	2,9	4,7	7
Ni	2,6	3,8	4,6	2	3,5	4,4	4,6	4,6
Co	154,4	171,7	239,3	146	185	180,5	180,1	204,45
Mn	27	30	28	36	29	28	41	179,5
Fe	1800	2050	1800	2000	2200	1900	1900	5600
U	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,6
Th	0,8	1	0,9	1	1	0,9	1,2	2,25
Sr	57	67,5	64	57	69	65	65	70
Sb	0,06	0,105	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07	0,1
V	6	4,5	6	9	6	5	7	14
Ca	1900	2250	2200	1800	2200	2100	2300	4300
P	40	65	40	100	60	60	80	90
La	3,5	4,35	4,1	5,5	4,6	4,3	5	8,3
Cr	6	5	6	9	5	5	6	13
Mg	300	500	400	400	500	400	400	1050
Ba	252	279,5	292	268	303	283	288	231,5
Ti	380	390	340	500	400	380	550	2205
Al	16500	18950	17800	15200	18900	17900	18000	16800
Na	5620	6300	5540	5590	6090	5770	5840	5310
K	10800	11550	12000	11100	12100	11300	11000	8600
Zr	16,9	17,2	17,2	17,3	18	17	21,4	58
Sc	0,3	0,6	0,5	0,9	0,7	0,6	0,5	1,95
Y	2,1	2,15	2,7	3,3	2,4	2,4	3,3	7,6
Ce	7,29	8,4	8,69	11,86	9,16	8,8	10,04	17,005
Pr	0,8	0,95	0,8	1,3	1,1	0,9	1,2	2,15
Nd	2,8	3,6	3,7	4,6	4	2,9	3,3	7,8
Sm	0,7	0,7	0,7	1	0,6	0,6	0,8	1,35
Gd	0,4	0,65	0,4	0,7	0,8	0,5	0,6	1
Dy	0,5	0,45	0,5	0,6	0,4	0,3	0,7	1,6
Er	0,2	0,25	0,3	0,3	0,2	0,2	0,4	0,95
Yb	0,2	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,3	0,85
Hf	0,44	0,51	0,54	0,56	0,5	0,41	0,68	1,695
Li	2,8	3,25	2,6	3,2	3,5	3	3,6	3,05
Rb	36,5	39,8	39,4	38,4	41,9	39,5	39,8	30
Nb	0,82	0,08	0,14	1,69	0,1	0,1	0,44	1,165
Cs	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3
Ga	3,15	3,785	3,46	3,77	3,52	3,3	3,71	3,985
Tl	0,21	0,215	0,23	0,2	0,22	0,22	0,24	0,16



<b>Udmarken</b>	ThyMP3_50	ThyMP3_20	ThyMP3_1C	ThyMP3_2C	ThyMP3_3C	ThyMP3_4C	ThyMP3_3A	ThyMP3_4A
Horizon	50	20	1C	2C	3C	4C	3A	4A
in/out	out	out	out	out	out	out	out	out
Mo	0,34	0,32	0,09	0,1	0,1	0,08	0,08375	0,1
Cu	2,43	2,34	1,16	1,21	1,78	1,08	1,2	1,56
Pb	4,85	7,16	5,84	5,97	7,4	7,43	6,48	6,76
Zn	6,4	7,9	4,95	8	7,3	2,3	6	2,3
Ni	4,7	4,3	4,05	3,1	5,7	2,5	3,5	2,3
Co	57,9	146,1	200,85	170,3	240,8	164,1	123,95	117,7
Mn	164	130	96	96	134	74	117	63
Fe	20400	4500	3250	3300	5100	3100	3800	2600
U	0,5	0,7	0,5	0,4	0,7	0,4	0,5	0,3
Th	1,7	3	1,5	1,4	2,6	1,5	1,8	1,1
Sr	63	72	59	57	71	60	64	62
Sb	0,15	0,19	0,09	0,07	0,1	0,07	0,08	0,09
V	42	23	8	9	13	9	13	8
Ca	11200	5400	3050	2700	3800	2900	3650	3100
P	1060	110	70	60	110	80	85	70
La	6,6	12,5	6,45	6,1	9,9	5,7	7,8	4,5
Cr	12	13	7	7	10	6	7,5	6
Mg	600	1000	700	600	1000	600	800	400
Ba	143	198	177,5	215	237	246	219	245
Ti	710	1820	1065	980	1740	990	1455	760
Al	10400	14500	14050	14600	17600	16200	15450	14900
Na	3250	5010	4570	4500	6420	5190	5170	5160
K	5500	7700	7300	7900	9100	9600	8200	9800
Zr	48,5	54,8	33,95	35,6	47,3	54,6	45,9	26
Sc	1,2	2	1,3	1,1	1,7	0,9	1,5	0,7
Y	6,5	8,9	5,05	5	7,3	4,4	6,3	3,6
Ce	13,75	26,43	13,295	11,74	22,28	12,78	16,49	10,43
Pr	1,4	3,2	1,6	1,5	2,6	1,3	1,85	1,1
Nd	6,5	10,3	5,4	4,6	10,7	5,7	6,2	4,5
Sm	1,3	1,8	1,15	1,2	1,6	1	1,6	0,7
Gd	1,4	2,3	0,95	1	1	0,7	1,1	0,6
Dy	1,4	1,5	0,75	0,7	1,3	0,8	1,05	0,9
Er	0,8	1	0,55	0,4	0,6	0,4	0,75	0,4
Yb	0,7	1	0,7	0,4	0,9	0,5	0,85	0,4
Hf	0,97	1,67	1,065	0,96	1,21	0,96	1,28	0,69
Li	1,8	2	2,85	2,7	3,6	3,6	3,4	2,7
Rb	20,2	28,4	26,2	29,3	30,6	31,1	29,75	32,6
Nb	2,55	4,16	1,185	0,25	0,27	0,24	1,36	1,62
Cs	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,35	0,3
Ga	2,25	3,7	3,125	2,91	3,67	2,94	3,305	3,74
Tl	0,1	0,19	0,15	0,16	0,19	0,2	0,185	0,17



---

---

---