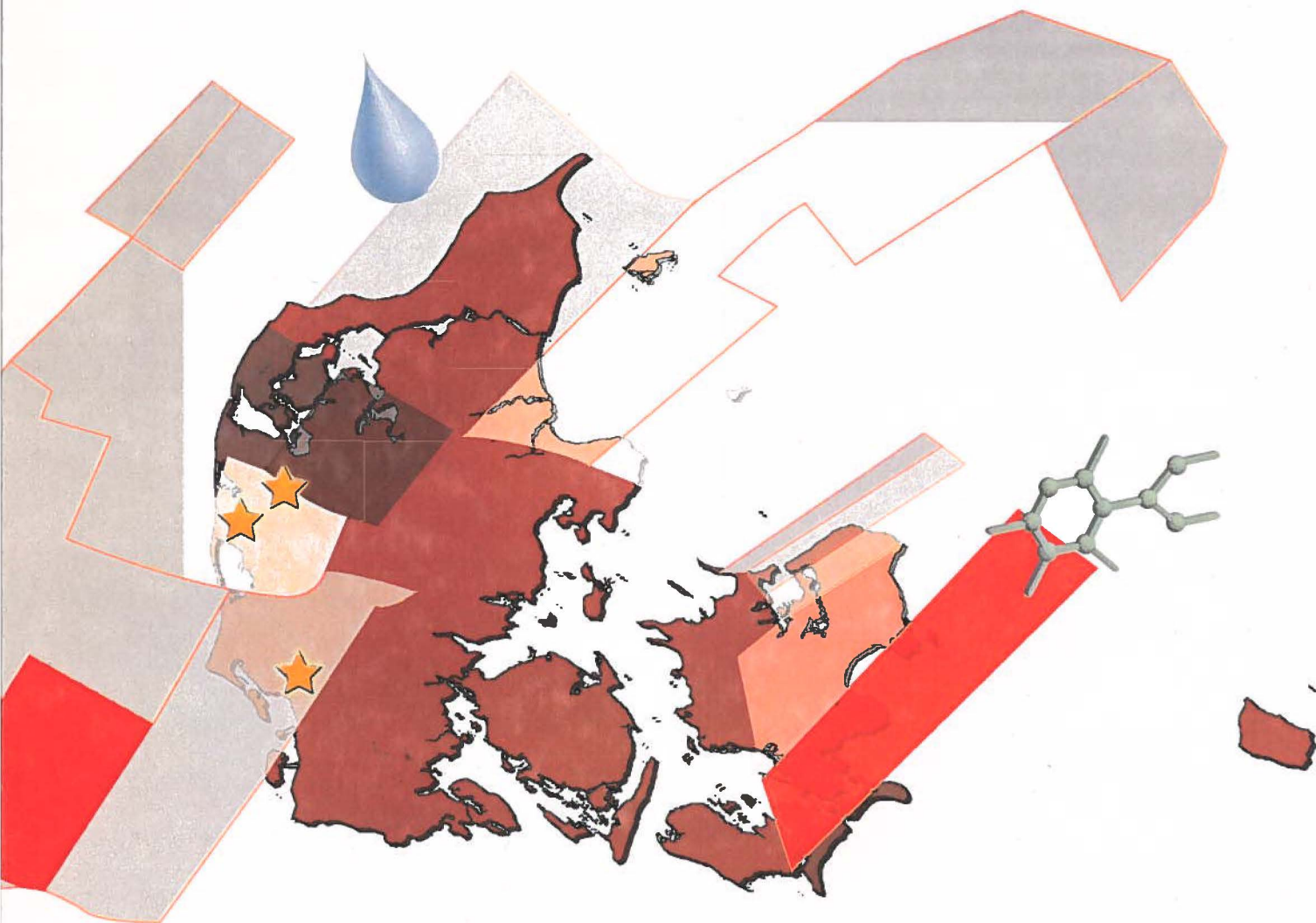


## Morænesand af Saale alder inden for bakkeøer: Basisdata fra Skovbjerg og Esbjerg bakkeøer



**Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse**  
Miljøministeriet

**Danmarks JordbrugsForskning**  
Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri

**Redaktion:** Carsten Suhr Jacobsen

**Omslag:** Kristian Rasmussen

**Oplag:** 100

**Udgivelsesår:** 2005

ISBN 87-7871-156-8

© Miljøministeriet

Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, GEUS

Øster Voldgade 10,

DK-1350 København K

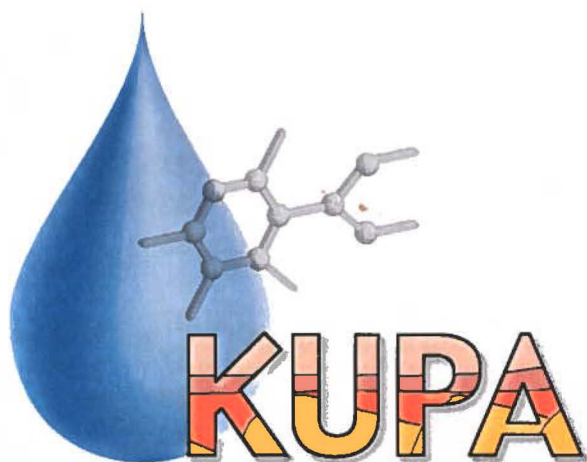
Telefon: 38 14 20 00

Telefax: 38 14 20 50

E-post: [geus@geus.dk](mailto:geus@geus.dk)

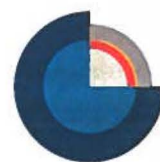
Internet: [www.geus.dk](http://www.geus.dk)

**Morænesand af Saale alder inden for bakkeøer:  
Basisdata fra Skovbjerg og Esbjerg bakkeøer**



**Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse**  
Miljøministeriet

**Danmarks JordbrugsForskning**  
Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri



  
**G E U S**

## **KUPA rapport nr. 5**

**Undersøgelse af morænesand af Saale alder indenfor  
bakkeøer: Basisdata fra Skovbjerg og Esbjerg bakkeøer**

# Indhold

<b>Forord</b>	<b>7</b>
<b>1. Indledning</b>	<b>9</b>
<b>2. Udpegning af lokaliteter og definition af feltundersøgelser</b>	<b>10</b>
2.1 Fuldt undersøgelsesprogram profiler .....	10
2.2 Markvariationsundersøgelser .....	11
2.3 Reduceret undersøgelsesprogram profiler (profillinie) .....	12
2.4 Oversigt over placering af undersøgelser .....	12
2.5 Placering af fuldt undersøgelsesprogram profilerne indenfor undersøgelsesmarkerne .....	12
2.5.1 Astrup lokaliteten.....	14
2.5.2 Nr. Felding lokaliteten .....	15
2.5.3 Hjortkær lokaliteten .....	17
<b>3. Resultater fra fuldt undersøgelsesprogram profiler på Skovbjerg og Esbjerg bakkeøer</b>	<b>20</b>
3.1 Pedologi.....	20
3.1.1 Astrup lokaliteten.....	21
3.1.1.1 Jordbundsudvikling .....	21
3.1.2 Nr. Felding lokaliteten .....	24
3.1.1.1 Jordbundsudvikling .....	24
3.1.2 Hjortkær lokaliteten .....	27
3.1.2.1 Jordbundsudvikling .....	27
3.1.3 Jordbundens karakteristika, forskelle og ligheder ved de tre Bakkeø lokaliteter <sup>30</sup>	
3.2 Geologi .....	30
3.2.1 Astrup lokaliteten.....	31
3.2.2 Nr. Felding lokaliteten .....	33
3.2.3 Hjortkær lokaliteten .....	35
3.2.4 Sedimentologiske karakteristika, forskelle og ligheder mellem de tre morænesandslokaliteter .....	37
3.3 Geokemi .....	37
3.3.1 Astrup lokaliteten.....	38
3.3.2 Nr. Felding lokaliteten .....	40
3.3.3 Hjortkær lokaliteten .....	42
3.3.4 Sammenligning af fysiske, kemiske og mineralogiske egenskaber.....	45
3.4 Hydraulik.....	46
3.4.1 Udtagne prøver .....	46
3.4.1.1 Astrup lokaliteten .....	46
3.4.1.2 Nr. Felding lokaliteten .....	47
3.4.1.3 Hjortkær lokaliteten.....	47
3.4.2 Volumenvægt.....	47
3.4.3 Teksturanalyse på store kolonner .....	47

3.4.4	Vandretention .....	48
3.4.5	Mættet hydraulisk ledningsevne .....	50
3.4.6	Umættet hydraulisk ledningsevne.....	51
3.4.7	Anvendelighed af hydrauliske data.....	53
3.5	Mikrobiologi .....	54
3.5.1	Mikrobiel biomasse.....	54
3.5.2	Mikrobiel diversitet.....	56
3.5.3	Sammenfatning .....	57
3.6	Pesticidspecifikke parametre.....	57
3.6.1	Pesticides binding.....	58
3.6.2	Pesticiders mineralisering.....	60
3.6.3	DT50 bestemmelse .....	64
<b>4.</b>	<b>Resultater af markvariationsundersøgelser</b>	<b>66</b>
4.1	Geofysik .....	66
4.1.1	EM38 .....	66
4.1.1.1	Astrup.....	66
4.1.1.2	Sammenfatning af EM38 målingerne på bakkeø morænesandslokaliteter .	67
4.1.2	Georadar .....	67
4.1.2.1	Astrup.....	68
4.1.2.2	Nr. Felding .....	72
4.1.2.3	Hjortkær .....	75
4.2	Prøveudtagningssteder .....	79
4.3	Teksturanalyser.....	79
4.4	Hydraulik .....	87
4.5	Mikrobiologi .....	90
4.5.1	Analyser .....	90
4.5.2	Variation .....	90
4.5.3	Markvariation .....	91
4.5.4	Resultater af enkeltanalyser .....	92
4.5.5	Sammenfatning .....	92
4.6	Pesticidspecifikke parametre.....	93
4.6.1	Mineralisering .....	93
4.6.2	Sorption af pesticider.....	97
4.6.3	Sammenfatning .....	101
<b>5.</b>	<b>Resultater af profillinieundersøgelser</b>	<b>103</b>
5.1	Geofysik .....	103
5.1.1	EM38 .....	103
5.1.2	Georadar .....	105
5.2	Pedologi .....	110
5.2.1	Jordbundsudvikling i profilliniepunkterne .....	110
5.3	Geologi.....	117
	Figur 5.11. Geologiske forhold ved lokaliteten Lomborg, lokalitetsnr. 288 (DGU arkiv nr. 83.1684).....	121
5.4	Fysiske, kemiske og mineralogiske undersøgelser .....	122
5.4.1	Lokaliteterne Hvingel, Lering, Tovborg og Lomborg .....	122
5.4.1.1	Hvingel lokaliteten .....	122

5.4.1.2	Lering lokaliteten.....	124
5.4.1.3	Tovborg lokaliteten .....	126
5.4.1.4	Lomborg lokaliteten .....	127
5.4.2	Sammenligning af fysiske og kemiske egenskaber.....	129
5.5	Hydraulik.....	130
5.5.1	Volumenvægt.....	130
5.5.2	Vandretention.....	131
5.5.3	Mættet hydraulisk ledningsevne.....	133
5.5.4	Anvendelighed af hydrauliske data .....	134
5.6	Mikrobiologi.....	134
5.7	Stofspecifikke parametre .....	136
5.7.1	Pesticidernes binding .....	136
5.7.2	Stoffernes mineralisering .....	138
<b>Referencer</b>		<b>141</b>
<b>Appendiks 1</b>		<b>142</b>
<b>Appendiks 2</b>		<b>143</b>
<b>Appendiks 3</b>		<b>147</b>

# Forord

Heidi C. Barlebo (GEUS)

Denne basisdata rapport er udført som en del af projektet: Koncept for udpegning af pesticidfølsomme arealer, KUPA, der har til formål at tilvejebringe den nødvendige viden og hvis muligt udvikle en operationel metode til klassificering af arealer, som er særlig følsomme overfor pesticidnedsivning til grundvandet. Opgaven er stillet af det danske folketing for at støtte amterne i forbindelse med udpegningen, en opgave der er dem pålagt i forbindelse med gennemførelsen af Vandmiljøplan II og Drikkevandsudvalgets betænkning fra 1997. Undersøgelserne er udført i samarbejde mellem Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS) og Danmarks JordbrugsForskning (DJF).

I KUPA-projektet er der indsamlet en større mængde data, der danner baggrund for udarbejdelsen af konceptet til udpegning af sandområder, der er særlig følsomme overfor pesticidnedsivning til grundvandet. Formålet med basisdatarapporterne er at dokumentere indsamlede data og præsentere datagrundlaget, der ligger til grund for konceptet (Nygaard, Red., 2004). Rapporterne er opdelt efter landskabselementer. I hver rapport præsenteres undersøgelseslokaliteterne indenfor det givne landskabselement sammen med de tilhørende data og observerede forhold af relevans for tolkning af data. Denne basisdatarapport omhandler data indsamlet på undersøgelseslokaliteter med morænesand indenfor Skovbjerg og Esbjerg Bakkeøer.

Projektet er blevet fulgt af en styregruppe bestående af:

Alex Sonnenborg, GEUS (Bjarne Madsen 1/3 til 30/11, 2000)

Per Rosenberg, GEUS (Bo Lindhardt 1/3-2000 til 1/3-2002)

Peter Gravesen, GEUS

Erik Nygaard, GEUS (Heidi C. Barlebo 1/3-2000 til 1/12 2002)

Harald Mikkelsen, DJF (1/3-2000 til 1/10-2002)

Jesper Waagepetersen, DJF

Jørgen Jakobsen, DJF

Christian Ammitsøe, Miljøstyrelsen

Lærke Thorling, Århus Amt

Poul Henning Petersen, Landbrugets Rådgivningscenter

Jens Bastrup, Dansk vand- og spildevandsforening

Rapporten er udarbejdet med bidrag fra forfattere ved Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse og Danmarks JordbrugsForskning, og på baggrund af et datasæt etableret gennem et omfattende prøveindsamlings- og analysearbejde som er udført af et stort antal medarbejdere på institutionerne. Disse medarbejdere er i alfabetisk rækkefølge:

Ann Dorrit Steffensen, Anne Britze, Arne Helweg, Bjarne Hansen, Bo Vangsø Iversen, Bodil B. Christensen, Carsten Guvad, Carsten S. Jacobsen, Christen D. Børgesen, Christina R. Jensen, Ditte Kiel-Düring, Egon Hansen, Finn Pilgaard Vinther, Heidi C. Barlebo, Henrik Vosgerau, Holger Nehmdal, Hubert de Jonge, Ingelise Møller, Jens Henrik Badsberg, Jim Rasmussen, Klaus Refslund, Lars Elsgaard, Lasse Gudmundsen, Lisbeth Løvig Nielsen, Marga Jørgensen, Marianne Schou, Martin Hansen, Michael Koppelgaard, Mo-



gens H. Greve, Nina Jørgensen, Per Jensen, Per Nyegaard, Pernille Stockmarr, Pia Bach Jakobsen, Preben Olsen, René K. Juhler, Rikke W. Riis, Rune Johnsen, Spire Maja Kiersgaard, Stig T. Rasmussen, Svend . Olesen, Szymon Kopalski, Søren B. Torp, Søren Nielsen og Trine Henriksen, Ulla C. Brinch, Vibeke Ernstsén.

Forfatterne, som er nævnt ved de enkelte kapitler, er i alfabetisk rækkefølge:

Bo V. Iversen, Carsten S. Jacobsen, Finn P. Vinther, Heidi C. Barlebo, Henrik Vosgerau, Ingelise Møller, Jim Rasmussen, Lars Elsgaard, Mogens H. Greve, Ole H. Jacobsen, René K. Juhler, Svend E. Olesen, Søren B. Torp, Ulla C. Brinch, Vibeke Ernstsén

Retningslinier for indhold og koordinering af tekst er foretaget af projektgruppen bestående af:

Heidi C. Barlebo, GEUS

Vibeke Ernstsén, GEUS

Carsten Suhr Jacobsen, GEUS

Henrik Vosgerau, GEUS (Peter Roll Jakobsen, GEUS, 1/8 til 31/10, 2001)

Ole Hørbye Jacobsen, DJF

Svend Elsnab Olesen, DJF

# 1. Indledning

Heidi C. Barlebo (GEUS) og Henrik Vosgerau (GEUS)

Som del af tilvejebringelse af nødvendig viden og om muligt udvikling af en metode til klassificering af arealer, som er særlig følsomme overfor pesticidnedsivning til grundvandet, er der i projektet foretaget en række detailundersøgelser. I den forbindelse er et stort antal undersøgelsesmarker udvalgt, hvor parametre, som menes at have betydning for udvaskningen af pesticider til grundvandet, undersøges. En del af de pesticidfølsomme parametre formodes at knytte sig til geologi og pedologi, hvorfor undersøgelsesmarkerne er udvalgt således, at de repræsenterer forskellige typer sandede jordarter. Endvidere er lokaliteterne valgt således, at de er beliggende indenfor forskellige typer landskabselementer. Ud fra denne udvælgelsesmetode vil det blive vurderet, om resultaterne af de pesticidfølsomme parametre på punkt- eller markskala opnået på undersøgelsesmarkerne kan opskaleres til større områder som fx landskabselementer ved hjælp af jordarts- eller landskabselementtypen.

I KUPA rapport nr. 2 (Barlebo et al. 2002) er der gjort nærmere rede for hvilke typer kvartære jordarter og landskabselementer, der undersøges indenfor KUPA projektet. Nærværende rapport fremlægger basisdata opnået ved undersøgelser på morænesand af Saale alder indenfor Skovbjerg og Esbjerg Bakkeøer. Morænesand er karakteriseret ved at være et dårligt sorteret sediment med et sandindhold, der typisk er over 45% og et lerindhold der er mindre end 12% (Larsen et al. 1988). Bakkeøer er et landskabselement, der er typisk for Vestjylland. Bakkeøer udgør et istidslandskab skabt af de gletschere, der dækkede Jylland i næstsidste istid, Saale.

I undersøgelserne indsamles data fra den (vand-) umættede zone, dvs. fra jordoverfladen og ned til grundvandsspejlet. Der bestemmes sammenhørende værdier af hydrauliske, mikrobielle og stofspecifikke parametre, der er relateret til pedologiske, mineralogiske, kemiske og geologiske data. Beskrivelse af de anvendte undersøgelses- og analysemetoder er samlet i KUPA rapport nr. 2 (Barlebo et al. 2002).

Rapporten indledes i kapitel (2) med en oversigt over udpegede lokaliteter på Skovbjerg og Esbjerg bakkeøer og en definition af de udførte typer feltundersøgelser. Resultaterne fra fuldt undersøgelsesprogram profil opdelt på fagdiscipliner vises i kapitel (3). Herefter følger resultaterne fra markvariationsundersøgelserne i kapitel (4) og til sidst resultaterne fra profilinieundersøgelserne i kapitel (5).

## 2. Udpegning af lokaliteter og definition af feltundersøgelser

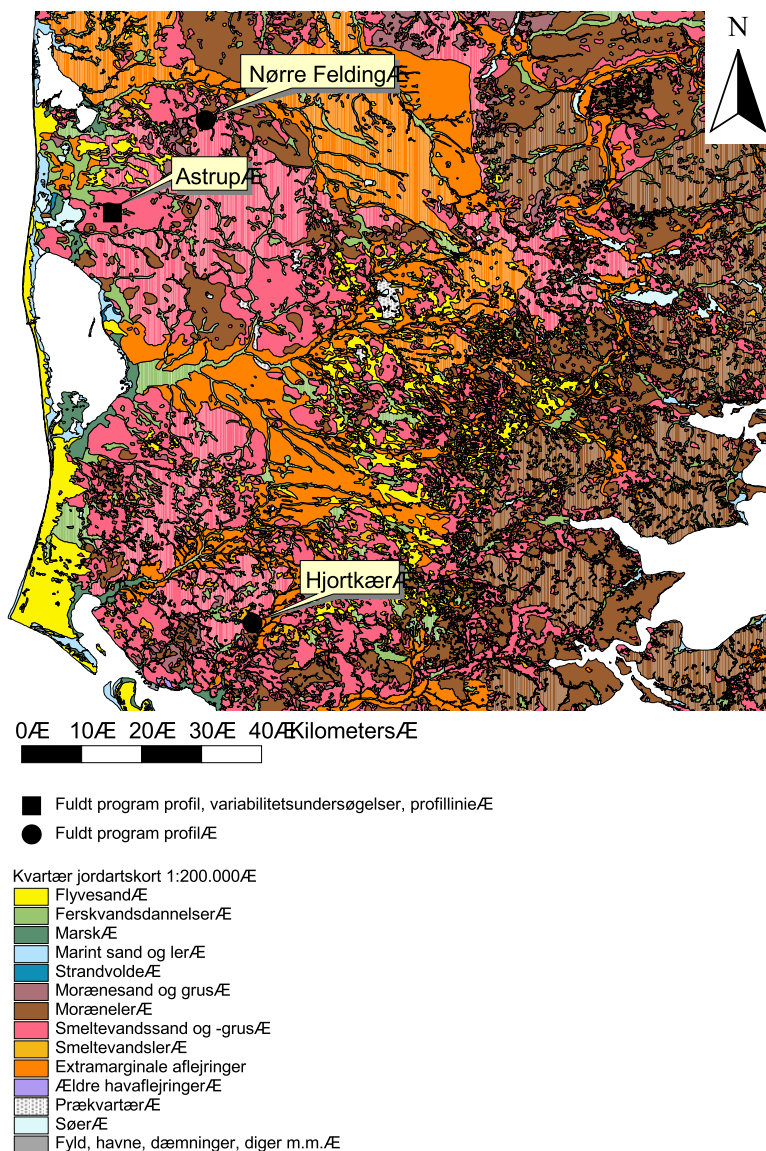
Henrik Vosgerau (GEUS)

På Skovbjerg og Esbjerg bakkeøer er tre undersøgelsesmarker udvalgt, som er beliggende på morænesand, og som endvidere opfylder de stillede krav til dybde af grundvandsspejl, bedriftstype mm. (beskrevet nærmere i KUPA rapport nr. 2 (Barlebo et al. 2002)). Dog har det ikke i alle tilfælde været muligt at opfylde kravet om, at den undersøgte jordart, i dette tilfælde morænesand, skal udgøre hele den umættede zone. På nogle af morænesandslokaliteterne findes således også smeltevandsaflejringer i den umættede zone, hvilket må betragtes at være almindeligt forekommende i tilknytning til morænesandsaflejringer. De undersøgte marker benævnes Astrup, Nørre Felding og Hjortkær. I fig. 2.1 er deres placering på Skovbjerg og Esbjerg bakkeøer vist.

### 2.1 Fuldt undersøgelsesprogram profiler

På alle 3 marker er der indledningsvist foretaget geofysiske EM38-målinger og georadarundersøgelser. Efterfølgende er der på hver af de 3 undersøgelsesmarker placeret et *fuldt undersøgelsesprogram profil*, som generelt er sammensat af en udgravning og en boring ned til grundvandsspejlet, således at hele den umættede zone er dækket ind. Udgravningen er generelt op til 1,7 m dyb med to profilvægge, der er ca. 10 meter lange, og som står vinkelret på hinanden.

Fra fuldt undersøgelsesprogram profilerne udtages som standard prøver i 5 dybder, der relaterer sig til forskellige jordhorisonter indenfor den umættede zone (se KUPA rapport nr. 2 (Barlebo et al. 2002)). Prøverne anvendes til analyse af tekstur, hydrauliske, mikrobiologiske, stofspecifikke og geokemiske parametre efter metoder angivet i KUPA rapport nr. 2 (Barlebo et al. 2002). På baggrund af fuldt undersøgelsesprogram profilerne er pedologien, geologien og geokemien beskrevet igennem den umættede zone.



**Figur 2.1.** Undersøgelsesmarkernes beliggenhed i Vestjylland med det Kvartære Jordartskort (1:200.000) som baggrund. Lokalteterne Astrup og Nørre Felding er beliggende på Skovbjerg bakkeø mens lokaliteten Hjortkær er beliggende på Esbjerg bakkeø.

## 2.2 Markvariationsundersøgelser

På Astrup marken er der endvidere foretaget markvariabilitetsundersøgelser, hvilket indebærer, at der er lavet ca. 50 små udgravninger hen over marken, hvori der i topjorden er foretaget målinger og udtaget prøver til bestemmelse af variationen på markskala indenfor pedologi, tekstur, hydraulik (luftpermeabilitet), stofspecifikke parametre (sorption og stofmineralisering) og mikrobiologi (bakteriel karakterisering). På alle 3 undersøgelsesmarker er variationen endvidere undersøgt i form af geofysiske EM38- og georadarmålinger.

## 2.3 Reduceret undersøgelsesprogram profiler (profillinie)

I tilknytning til Astrup mark er der udført en profillinie, som består af fire borer, der sammen med fuldt undersøgelsesprogram profilet på Astrup mark, danner en ca. 2 km lang, N-S gående linie på Skovbjerg bakkeø. I hver af de fire borer, der indgår i profillinien, er tekstur, hydrauliske, mikrobielle og stofspecifikke parametre blevet bestemt i op til 5 dybder, og der er udført geokemiske og geologiske profilbeskrivelser. Undersøgelserne og profilbeskrivelserne, der knytter sig til borerne i profillinierne, benævnes *reduceret undersøgelsesprogram* og er mindre detaljeret end i fuldt undersøgelsesprogram, idet ikke så mange parametre bestemmes (se KUPA rapport 2 (2002)). Langs dele af profillinien er der endvidere lavet geofysiske undersøgelser i form af EM38- og georadarundersøgelser.

## 2.4 Oversigt over placering af undersøgelser

Fig. 2.2 viser placeringen af fuldt undersøgelsesprogram profil på Astrup mark, reduceret undersøgelsesprogram profiler (der indgår i profillinien) samt udstrækning af områder, hvor der er lavet markvariabilitetsundersøgelser og EM38-målinger.

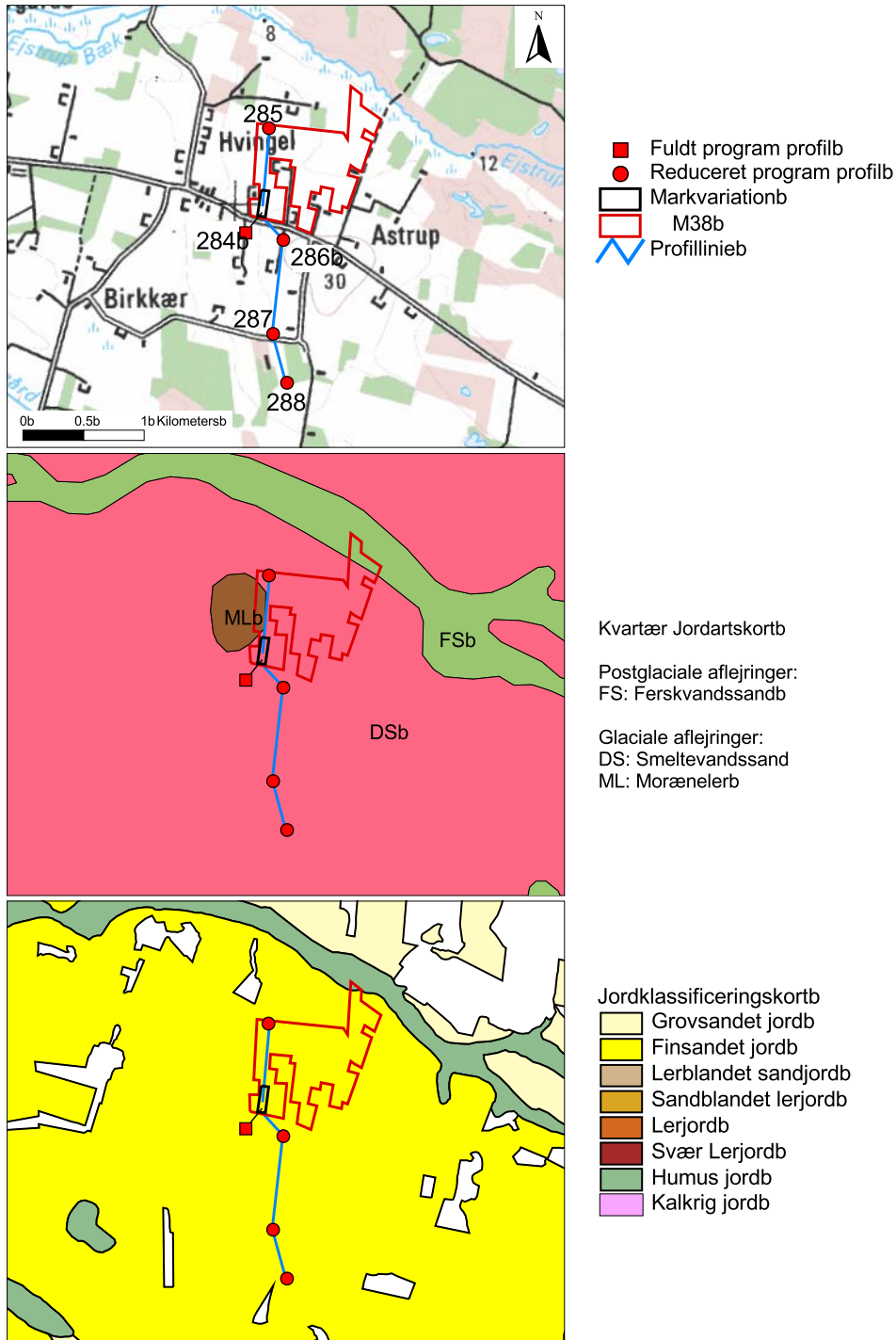
## 2.5 Placering af fuldt undersøgelsesprogram profilerne indenfor undersøgelsesmarkerne

Søren B. Torp (DJF)

De udvalgte marker er indledningsvis blevet opmålt med EM38, således at disse målinger kunne anvendes til placeringen af fuldt undersøgelsesprogram profilet på alle 3 lokaliteter. Målingerne blev desuden anvendt til placering af den delmark i Astrup som skulle anvendes til markvariabilitetsundersøgelsen.

Efter at EM38 kortlægningen var gennemført og resultaterne bearbejdet indledningsvis, blev der udpeget en egnet lokalitet til placeringen af jordprofilet. Lokaliteten blev udpeget således at den havde, for morænesand, typiske EM38-værdier. Lokaliteterne blev efterfølgende opsøgt for at få bekræftet at lokaliteten var placeret på den rigtige jordart.

På alle 3 undersøgelsesmarker blev EM38-målingerne suppleret med georadarundersøgelser. Resultaterne af disse indgik i den endelige udpegning af udgravningernes placering. Georadarundersøgelser er præsenteret i afsnit 4.1.2 i kapitlet om resultater af markvariabilitetsundersøgelser.



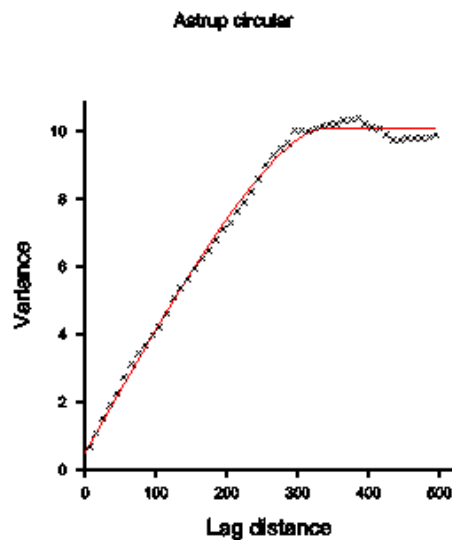
**Figur 2.2.** Placering af fuldt program profil på Astrup mark, reduceret program profiler (der indgår i profillinien) samt udstrækning af områder, hvor der er lavet markvariabilitetsundersøgelser og EM38-målinger. Vist med henholdsvis 1 cm kort (1:100.000), Kvartær Jordartskort (1:25.000) og Jordklassificeringskort (1:200.000) som baggrund. På 1 cm kortet er profilernes KUPA lokalitetsnumre angivet, hvortil knytter sig følgende stednavne: 285: Hvingel (DGU arkiv nr. 83. 1681); 284: Astrup (DGU arkiv nr. 83. 1680); 286: Lering (DGU arkiv nr. 83. 1682); 287: Tovstrup (DGU arkiv nr. 83. 1683); 288: Lomborg (DGU arkiv nr. 83. 1684).

## 2.5.1 Astrup lokaliteten

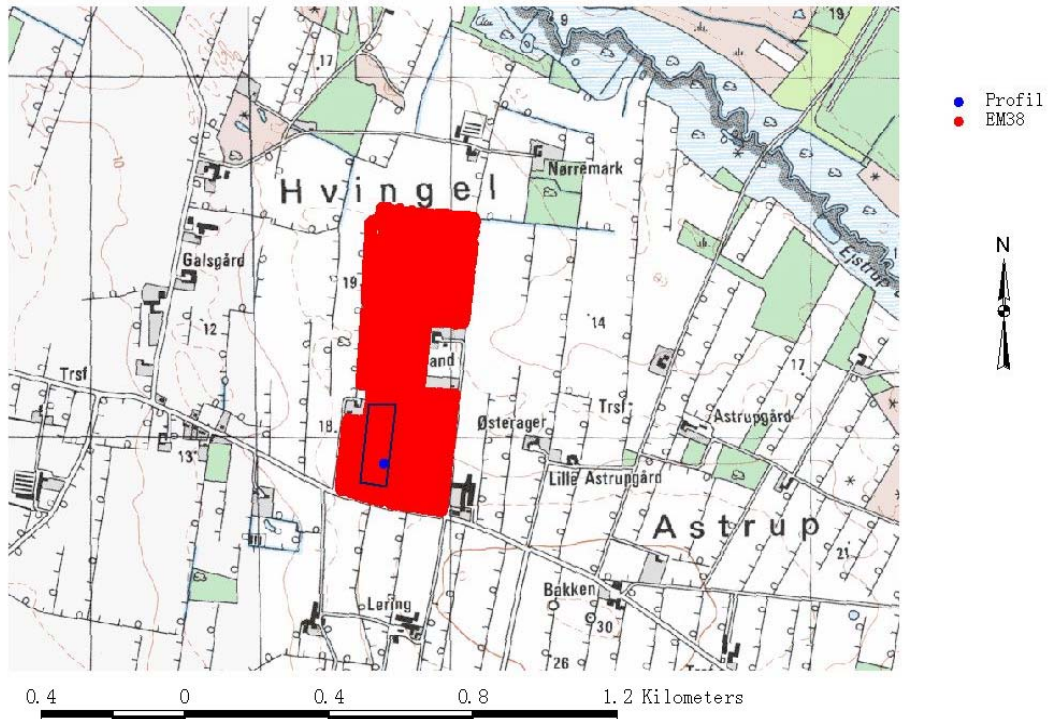
Resultater fra EM38-undersøgelsen af Astrup lokaliteten er vist på fig. 2.3 og 2.4. Ud fra disse er placeringen af udgravningen af fuldt undersøgelsesprogram profilet og markvariationsundersøgelserne bestemt (fig. 2.5).



**Figur 2.3.** Resultater fra målinger med den elektromagnetiske EM38 sensor på Astrup lokaliteten. Figuren viser målinger af jordens elektriske ledningsevne målt i milliSiemens/meter. Hovedparten af området viser måleværdier på 5 - 10 mSm/m (lyserød). Måleværdier på 0 - 5 mSm/m (lys) findes især i et mindre område på den østlige del af det opmålte område.



**Figur 2.4.** Variogram af EM38-målingerne fra Astrup lokaliteten. Punkterne er det eksperimentelle semivarians. Den røde linie er den bedst fittede spheriske model med følgende parametre (defineret i KUPA rapport nr. 2 (Barlebo et al. 2002)): Range = 280 m, sill = 6,9 og nugget = 0,9.



**Figur 2.5.** Undersøgelingsmarkens geografiske placering ved Astrup. Markens udstrækning er vist med rødt. Variationsundersøgelserne er indenfor den sorte firkant. Det blå punkt viser placering af udgravning af fuldt undersøgelsesprogram profilet.

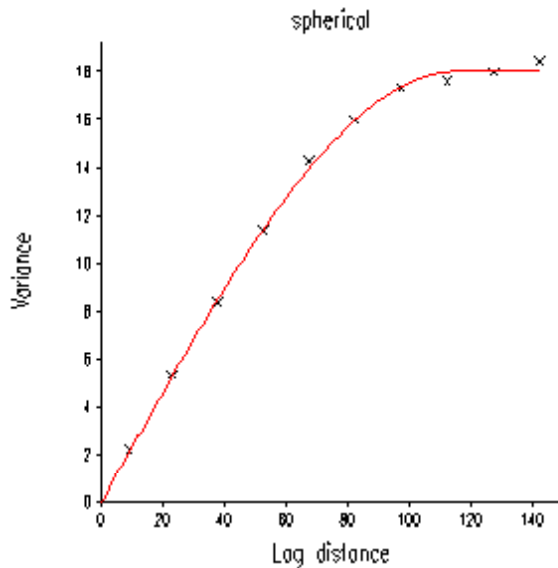
### 2.5.2 Nr. Felding lokaliteten

Resultater fra EM38-undersøgelsen af Nr. Felding lokaliteten er vist på fig. 2.6 og 2.7. Ud fra disse er placeringen af udgravningen af fuldt undersøgelsesprogram profilet bestemt (fig. 2.8).

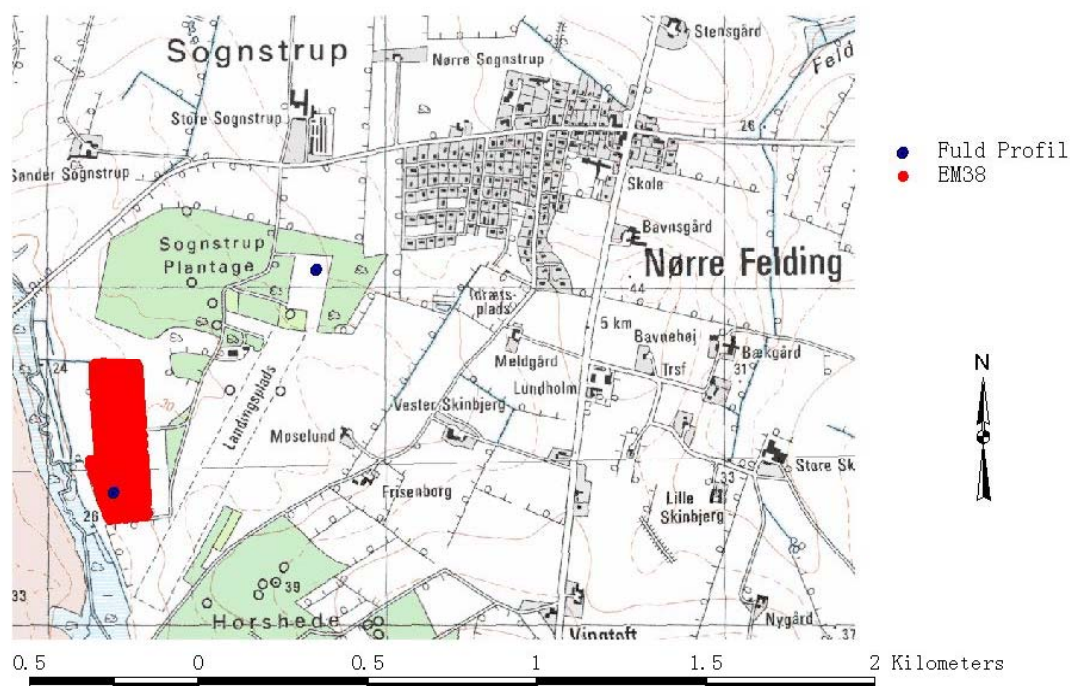




**Figur 2.6.** Nr. Felding – resultater fra målinger med den elektromagnetiske EM38 sensor. Figuren viser undersøgelsesmarken med målinger af jordens elektriske ledningsevne målt i milliSiemens/meter. Udgravning, i tilknytning til fuldt undersøgelsesprogram profilet, er lavet i den sydlige ende af den opmålte mark. Den typiske måleværdi er her i intervallet 5 – 10 mSm/m.



**Figur 2.7.** Variogram af EM38-målingerne fra Nr. Felding lokaliteten. Punkterne er det eksperimentelle semivariance. Den røde linie er den bedst fittede spheriske model med følgende parametre (defineret i KUPA rapport nr. 2 (Barlebo et al. 2002)): Range = 100 m, sill = 18 og nugget = 0,0.



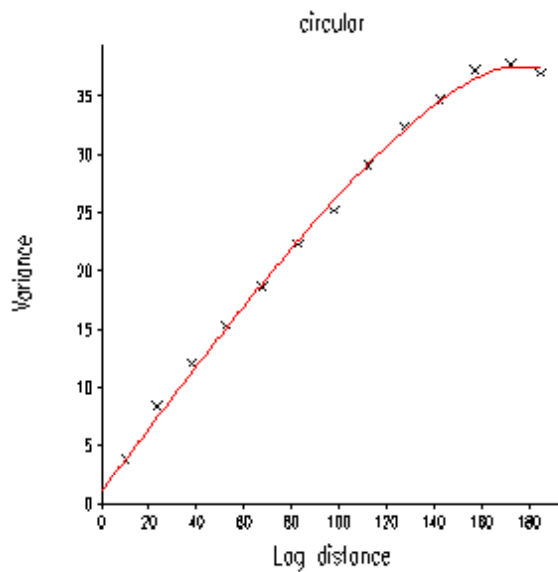
**Figur 2.8.** Nr. Felding lokaliteten. Undersøgelsesmarkens geografiske placering ved Sognstrup plantage. Markens udstrækning er vist med rødt. Udgravningen, i tilknytning til fuldt undersøgelsesprogram profilet, er lavet ved det blå punkt.

### 2.5.3 Hjortkær lokaliteten

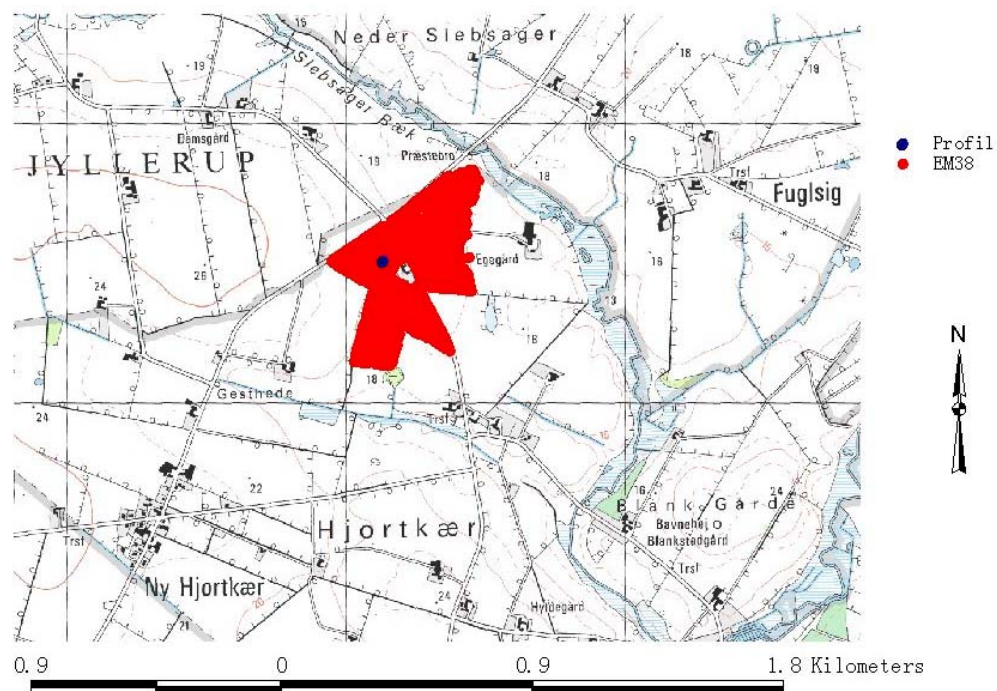
Resultater fra EM38-undersøgelsen af Hjortkær lokaliteten er vist på fig. 2.9 og 2.10. Ud fra disse er placeringen af udgravningen af fuldt undersøgelsesprogram profilet bestemt (fig. 2.11).



**Figur 2.9.** Resultater fra målinger med den elektromagnetiske EM38 sensor ved Hjortkær lokaliteten. Figuren viser målinger af jordens elektriske ledningsevne målt i milliSiemens/meter. Omkring undersøgelsesprofilen (fig. 2.6) findes måleværdier i intervallerne 5 – 10 og 10 – 15 mSm/m.



**Figur 2.10.** Variogram af EM38-målingerne fra Hjortkær lokaliteten. Punkterne er det eksperimentelle semivariance. Den røde linie er den bedst fittede spheriske model med følgende parametre (defineret i KUPA rapport nr. 2 (Barlebo et al. 2002)): Range = 100 m, sill = 18 og nugget = 1,8.



**Figur 2.11.** Hjortkær lokaliteten. Undersøgelsesmarkens geografiske placering nær ved Jyllerup. Markens udstrækning er vist med rødt. Udgravningen, i tilknytning til fuldt undersøgelsesprogram profilet, er lavet ved det blå punkt.

### 3. Resultater fra fuldt undersøgelsesprogram profiler på Skovbjerg og Esbjerg bakkeøer

Dette kapitel omhandler undersøgelsesresultaterne for tre jordprofiler på marker på morænesand indenfor landskabelementet Bakkeø. Undersøgelserne gennemføres dels i en V-formet udgravning til 1-2 meters dybde, dels i borer, jf. KUPA rapport nr. 2 (Barlebo et al. 2002). Profilundersøgelserne omfatter pedologisk beskrivelse af de øvre jordlag og geologisk beskrivelse indtil maksimalt 10 meters dybde, samt udtagning af repræsentative jordprøver i forskellige dybder til laboratorieundersøgelser. På disse gennemføres fysiske, kemiske og biologiske analyser inklusiv teksturanalyser, mineralogi, hydraulisk ledningsevne, mineraliseringspotentiale, samt pesticidbindingskapacitet og –nedbrydningspotentiale.

#### 3.1 Pedologi

Søren Torp (DJF)

Undersøgelserne gennemføres dels i en V-formet udgravning til 1-2 meters dybde, dels i borer, jf. KUPA rapport nr. 2 (Barlebo et al. 2002). Profilundersøgelserne omfatter pedologisk beskrivelse af de øvre jordlag og geologisk beskrivelse indtil maksimalt 10 meters dybde, samt udtagning af repræsentative jordprøver i forskellige dybder til laboratorieundersøgelser. På disse gennemføres fysiske, kemiske og biologiske analyser inklusiv teksturanalyser, mineralogi, hydraulisk ledningsevne, mineraliseringspotentiale, samt pesticidbindingskapacitet og –nedbrydningspotentiale.

**Tablet 3.1.** Pedologiske og geologiske kornstørrelsesbetegnelser for de anvendte kornstørrelsesfraktioner.

Kornstørrelsesfraktioner Mm	Kornstørrelsesbetegnelse	
	Pedologi	Geologi
> 6,3	Grus/sten	Grus, sten, blokke
2 - 6,3		Grus    fint
1 - 2	Sand	Groft
0,5 - 1		Groft
0,2 - 0,5		Mellem
0,125 - 0,2		Fint
0,063 - 0,125		fint
0,020 - 0,063	Silt	Groft
0,002 - 0,020		fint-mellem
< 0,002	Ler	Ler

### 3.1.1 Astrup lokaliteten

Profilen klassificeres efter det danske system (Madsen, 1985) som en Brunsol pga. den diagnostiske strukturelle Bj-horisont og da den er sandet mindst indtil 180 cm. På grund af pseudogley fra 90 cm er jorden klassificeret som en Pseudogleyet Kolluvial Struktur-Brunsol.

#### 3.1.1.1 Jordbundsudvikling


Jorden ved Astrup har været påvirket af forbruning, podsolering, pålejring af materiale, temporær vandstuvning og landbrugsdrift med tilførsel af kalk. Jordbundsgenesen i profilen er præget af forbruning og podsolering, tabel 3.2. Den stærk brune farve i Bj horisonten er det synlige tegn på ophobning af sesquioxider. Af analyseresultaterne fremgår det at indholdet af aluminium og specielt jern er højt i Bj horisonten. Det høje forhold mellem jern og aluminium ( $Fe_{\text{oxal.}} + Al_{\text{oxa.}}$  og  $Fe_{\text{DCB}} + Al_{\text{DCBe}}$ ) er udtryk for podsolering, tabel 3.6. Værdien for ODOE (optisk densitet) er lavere end 0,5, der er kravet til en spodisk horisont. I dette tilfælde viser det at flytningen og ophobningen af stoffer i podsoleringsprocessen primært omfatter jern og aluminium og i moderat omfang organiske forbindelser. Jordbundudviklingen må karakteriseres som podsolering men den har også træk af forbruning.

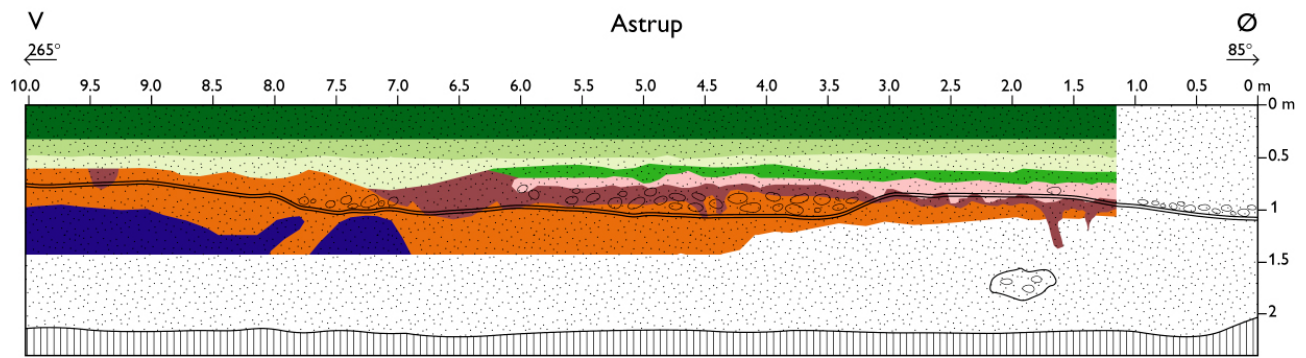
Tilstedeværelsen af tre pløjelag viser at der har været nogle dramatiske episoder af materiale pålejring i tidens løb. At der findes momentvise rester af begravede podsoller under pløjelaget viser at den naturlige jordbundsudvikling på stedet er podsol dannelse. Jordbundvariationen i den store profiludgravning 2 x 10 m spænder fra podsolering til forbruning, fig. 3.1-3.4. Der kan kun gættes på hvornår materialet aflejredes men det er givet sket ved flere episoder. Begravede podsoller er almindelige i Vestjylland (Dalsgaard et al. 2000).

Tegn på temporær vandstuvning i våde perioder ses fra 90 cm ved lodrette såkaldte pseudogley striber. Jorden må dog betegnes som værende veldrænet. Der findes 5-15% røde noder af jern-oxider & hydroxider i Bj horisonten. Den nuværende landbrugsdrift med jordbrugskalkning har bevirket en stigning i jordens pH med 1.5 til 2 værdier i forhold til jorde på bakkeøen med en naturlig jordbundsudvikling (Sundberg 1999).

Fra 51-170 cm findes en stærk til moderat vandret pladestruktur der øverst er fin og bliver grovere ned efter. Denne vandrette pladestruktur ses ofte på bakkeøerne og er sandsynligt fremkommet under de periglaciale forhold der herskede her under sidste istid (Torp 1995).

**Tabel 3.2.** Lokalitetsbeskrivelse, klassifikation og pedologisk horisontbeskrivelse for lokalitetsnr. 284 ved Astrup (DJF profil nr. 3156).

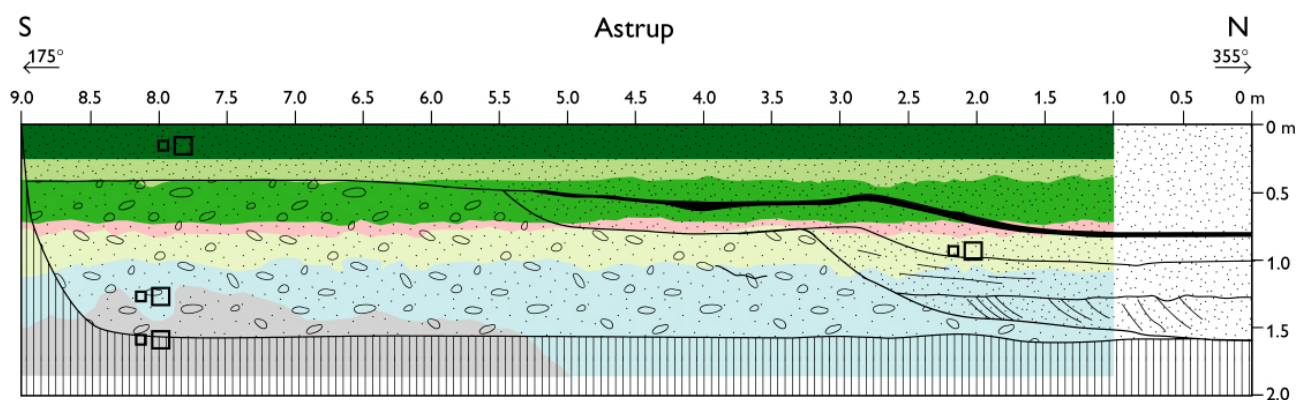
<b>Astrup - Profil nr. 3156</b>			
<b>Dansk jordklassifikation</b>	Pseudogleyet Kolluvial Strukturbrunsol	<b>USDA jordklassifikation</b>	Ikke klassificeret
<b>Udgangsmateriale</b>	Kolluvium	<b>Profil dybde</b>	170cm
<b>UTM</b>	32 458812 6224907	<b>Dræningsklasse</b>	Veldrænet
<b>Landskabsform</b>	Bakkeø	<b>Grundvandsdybde</b>	230 cm
<b>Kort blad</b>	1114 IV NØ Spjald	<b>Vegetation</b>	Brak
<b>Kote</b>	20 m	<b>Max. Rod dybde</b>	90 cm
<b>Topografi</b>	Fladt	<b>Beskriver</b>	Søren Torp & Steven Ashouti
<b>Hældning</b>	0-1°	<b>Dato</b>	18.9.2001
<b>Bemærkninger</b>	Ingen		
<b>Profilbeskrivelse</b>			
	<b>Ap ( 0-26 cm )</b>	<p>Meget mørk grålig brun (10YR 3/2 fugtig) mellemsand; humusholdig, 1 - 7 %; fugtig ikke klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % uforvitrede; små, 2,0 - 7,5 cm store sten af overvejende afrundet form og blandede typer uden kalk; hyppige fine rødder; 1 - 10 / dm<sup>2</sup> porer som orme- og rodgange; abrupt jævn horisontgrænse.</p>	
	<b>Ap2 ( 26-43 cm )</b>	<p>Meget mørk grå (10YR 3/1 fugtig) mellemsand; humusholdig, 1 - 7 %; fugtig ikke klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % uforvitrede; små, 2,0 - 7,5 cm store sten af overvejende afrundet form og blandede typer uden kalk; nogle fine rødder; porer, 1 - 10 / dm<sup>2</sup> som orme- og rodgange; abrupt jævn horisontgrænse.</p>	
	<b>Ap3 ( 43-51 cm )</b>	<p>Meget mørk brun (10YR 2/2 fugtig) mellemsand; humusholdig, 1 - 7 %; ikke kalkholdig; fugtig svagt klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % uforvitrede; små, 2,0 - 7,5 cm store sten af overvejende afrundet form og blandede typer uden kalk; få fine rødder; porer, 1 - 10 / dm<sup>2</sup> som orme- og rodgange; gradvis jævn horisontgrænse.</p>	
	<b>Bj ( 51-90 cm )</b>	<p>Stærk brun (7,5YR 4/6 fugtig) siltet sand; en del pletter, 2-20 % lys gullig brune (2,5Y 6/4 fugtig), pletterne er store, større end 15 mm, vandret stribede med en diffus, større end 2 mm grænse og tydelig kontrast; humusfattig; stærk fin pladestruktur; fugtig konsistens; mindre end 5 vol % blandede; små, 2,0 - 7,5 cm og store sten af overvejende afrundet form og blandede typer uden kalk; 5 - 15 vol % noduler med en diameter større end 1 cm, bløde, blandede, Fe-oxider &amp; hydroxider ( røde ); stærkt diskontinueret, mindre end 50% cementeret svagt cementeret al-lag; meget få fine rødder; porer, 1 - 10 / dm<sup>2</sup> som orme- og rodgange; diffus irregulær horisontgrænse.</p>	
	<b>C(g) ( 90-170 cm )</b>	<p>Lys oliven brun (2,5Y 5/4 fugtig) siltet sand; mange pletter, mere end 20 % stærk brun (7,5YR 5/8 fugtig), pletterne er store, større end 15 mm, lodret stribede med en diffus grænse, større end 2 mm og fremtrædende kontrast; desuden findes sekundære farvepletter af farven lys gullig brun (2,5Y 6/3 fugtig); grålige gleyslirer på brun bund; humusfattig; moderat grov pladestruktur; mindre end 5 vol %, små, 2,0 - 7,5 cm store sten af overvejende afrundet form og blandede typer uden kalk.</p>	



**Figur 3.1.** Skitse af vest-øst profilvæg ved Astrup. Farverne viser pedologien og stregerne geologien. Signaturforklaring findes i appendiks 1.



**Figur 3.2.** Foto af vest-øst profilvæg ved Astrup. Udsnippet er ca. 1 meter højt og ca. 10 meter langt. Ved billedbehandlingen er der opstået en mindre forvrængning. Det naturlige forhold i horisontudbredelsen kan ses på profilskitzen i fig. 3.1.



**Figur 3.3.** Skitse af syd-nord profilvæg ved Astrup.



**Figur 3.4.** Foto af syd-nord profilvæg ved Astrup. Udsnippet er 1,7 meter i højt og ca. 9 meter langt. Ved billedbehandlingen er der opstået en mindre forvrængning. Den naturlige horisontudbredelse kan ses på profilskitzen i fig. 3.3.



### 3.1.2 Nr. Felding lokaliteten

Profilen har en dobbeltprofiludvikling idet der er podsolering i det øvre dæksandslag og lernedslemning i den underliggende moræneaflejrning, tabel 3.3. Profilen klassificeres dermed efter det danske system (Madsen, 1985) som en toppodsol Lessive-jord pga. den diagnostiske Bs horisont og den nedre BCt-lerudfældnings horisont. Da der er pseudogley fra 70 cm er jorden en Pseudogley Topodsol Lessive-jord. Efter det amerikanske Soil Taxonomy (1999) klassificeres jorden som en Humic Psammentic Dystrudept.

#### 3.1.1.1 Jordbundsudvikling

Jordbundsudviklingen ved Nr. Felding er påvirket af udvaskning, lernedslemning, podsole-ring, fragipan dannelse, temporær vandstuvning og landbrugsdrift med grubning og jordbrugsalkalning.

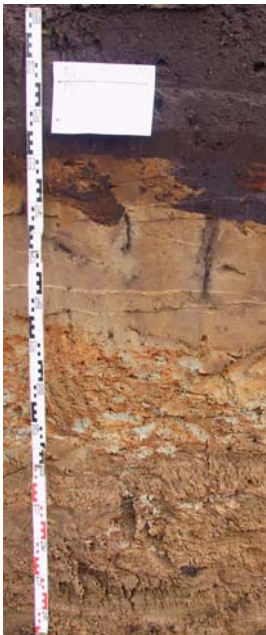
Jorden på denne mark udgør et bisequem dvs. at der har fundet en dobbelt profiludvikling sted. Jorden er teksturelt opdelt i en sandet overjord af dæksand (Sundberg et al. 1999) på op til ca. 70 cms tykkelse (figur 3.5) og herunder findes morænesand (se også omtale af tekstur i afsnit 3.3). Dæksands-laget har været udsat for en forholdsvis moderat podsole-ring. I dag ses i Bs-horisonten enkelte lodretgående humusudfældninger der er rester af en tidligere overliggende humusudfældningshorisont, fig 3.5-3.6. Analyseresultaterne for Ap-horisonten viser moderat høje værdier for jern og aluminium i Ap-horisonten, tabel 3.7. Det må derfor antages at stoffer fra den spodiske horisont med udfældninger af jern, aluminium og humus i dag er indeholdt og fordelt indenfor Ap-horisonten. I morænesandet fandtes en lerudfældningshorisont - BCt(g) - med svag til moderat lerudfældning. Jordens oprindelige og naturlige tilstand er en podsol over en svag til moderat udviklet lessive jord (lerudfældning).

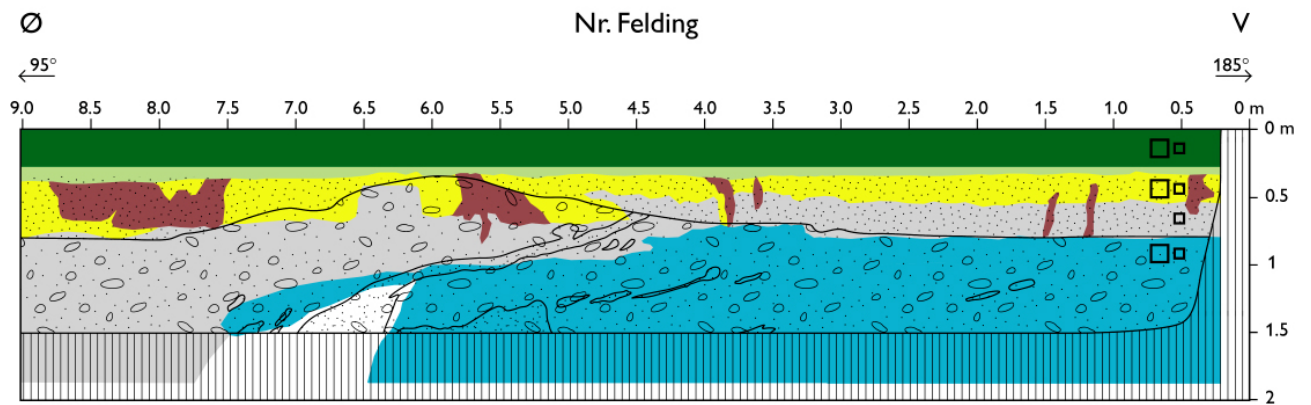
I jorden ses pseudogley, som tegn på temporær vandstuvning i våde perioder, fra ca. 70 cms dybde. Vandstuvningen følger i store træk det lithologiske skift mellem dæksand og morænesand der fremgår på profilskitserne, fig. 3.5 og 3.7. Jorden må derfor betegnes som moderat veldrænet (Madsen, 1988). I dæksandlagets Bs horisont forekom enkelte spredte Bhs-horisonter, "skorstene", der kan være tegn på præferentiel vandstrømning i jorden.

I dybden 110-165 cm findes en stærk diskontinuert cementering hvor mindre end 50% af matrix bestod af en fragipan med pladeagtig vandret struktur. Fragipanen menes dannet ved vekslende forhold mellem våd/tør - frost/tø i jorden under periglaciale forhold i sidste glaciation.

Landbrugsdriften har påvirket jorden og det ses især ved tilstedeværelsen af den homogene Ap-horisont (pløjelaget). Desuden er jorden på et tidspunkt i nyere tid blevet grubbet (dybdepløjet) til 40-50 cm's dybde. Grubningen er forgået i øst-vestlig retning og kan tydeligt ses som mørke tunger i den underliggende lysere horisont på fotografiet af nord-syd væggen, fig. 3.8. Jorden har som følge af tilførsel af landbrugskalk en kunstig hævet pH. pH-værdien er faldende med dybden dvs. der er et omvendt pH-profil i modsætning til en naturlig jordbund.

**Tabel 3.3.** Lokalitetsbeskrivelse, klassifikation og pedologisk horisontbeskrivelse for lokalitetsnr. 289 ved Nr. Felding (DJF profil nr. 3158).

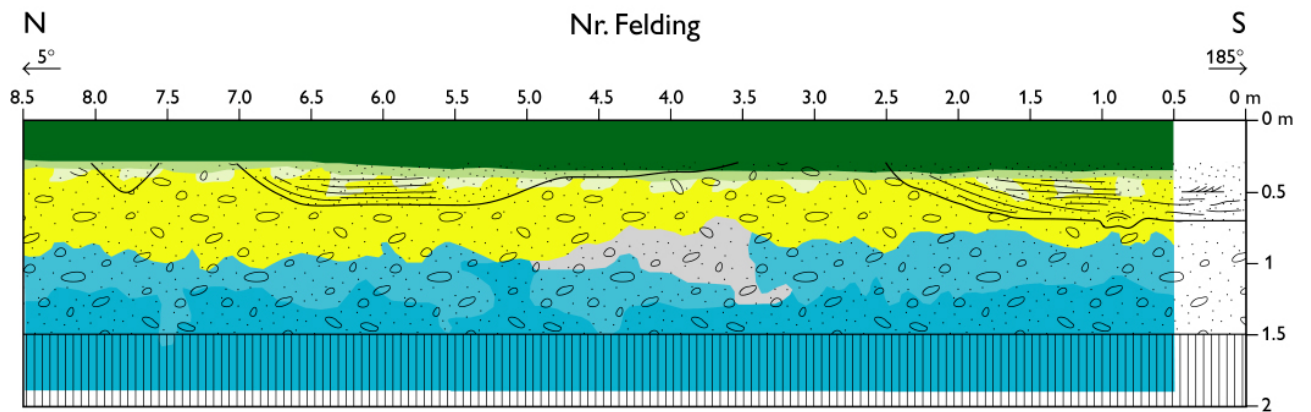
<b>Nr. Felding – DJF profil nr. 3158</b>			
<b>Dansk jordklassifikation</b>	Pseudogleyet Toppodsol Lessivejord	<b>USDA jordklassifikation</b>	Humic Psammentic Dystrudept
<b>Udgangsmateriale</b>	Morænesand	<b>Profil dybde</b>	160 cm
<b>UTM</b>	32 474273 6240338	<b>Dræningsklasse</b>	Moderat veldrænet jord
<b>Landskabsform</b>	Storbakket moræne	<b>Grundvandsdybde</b>	-
<b>Kort blad</b>	1115 II SV Sørvad	<b>Vegetation</b>	Høstet afgrøde
<b>Kote</b>	30 m	<b>Max. rod dybde</b>	70 cm
<b>Topografi</b>	Sydvendt svag skråning	<b>Beskriver</b>	Søren Torp & Steven Ashouti
<b>Hældning</b>	1-3°	<b>Dato</b>	20.9.2001
<b>Bemærkninger</b>	Horisont 1, 2 og 3 er dæksandsaflejringer, herunder morænesand. Farven på humuslaget fra den gl. dybdepløjning er beskrevet under indblanding. Enkelte rødder langs svagt udviklet skorsten til 90 cm.		
<b>Profilbeskrivelse</b>			
	<b>Ap ( 0-27 cm )</b>		
	Meget mørk grålig brun (10YR 3/2 fugtig) siltet finsand; humusholdig, 1 - 7 %; jordbrugskalket overvejende som klumper; meget svag fin subangulær struktur; fugtig, ikke klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % uforvitrede; små, 2,0 - 7,5 cm sten af overvejende kantet form og blandede typer uden kalk; nogle fine rødder; abrupt jævn horisontgrænse.		
	<b>Ap2 ( 27-35 cm )</b>		
	Meget mørk brun (10YR 2/2 fugtig) siltet finsand; 1 – 7 %; meget svag fin subangulær struktur; fugtig, ikke klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % uforvitrede; små, (2,0 – 7,5 cm) sten af overvejende kantet form og blandede typer uden kalk; nogle fine rødder; abrupt jævn horisontgrænse.		
	<b>Bs ( 35-71 cm )</b>		
Gullig brun (10YR 5/6 fugtig) siltet finsand; der er horisontindblanding af farven sort (10YR 2/1); humusfattig; svag fin subangulær struktur; fugtig svagt klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % uforvitrede; små, (2,0 - 7,5 cm) sten af overvejende kantet form og blandede typer uden kalk; få fine rødder; klar bølget horisontgrænse.			
<b>II BC(g) ( 71-110 cm )</b>			
Gullig brun (10YR 5/6 fugtig) lerholdigt siltet sand; mange pletter, mere end 20 %, lys gullig brune (2,5Y 6/3 fugtig), pletterne er store, større end 15 mm, brogede med en diffus grænse større end 2 mm og fremtrædende kontrast; desuden findes sekundære farvepletter af farven rødlig gul (7,5YR 6/8 fugtig); horisontalt stribet gleypræg; humusfattig; moderat fin subangulær struktur; fugtig, svagt klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % ; små, (2,0 - 7,5 cm) sten af blanding form og blandede typer uden kalk; mindre end 5 vol % noder med en diameter større end 1 cm, bløde, afrundede, Fe-oxider & hydroxider ( røde ); diffus bølget horisontgrænse.			
<b>II BCt(g) ( 110-165 cm )</b>			
Gullig brun (10YR 5/6 fugtig) lerholdigt siltet sand; en del pletter, 2-20 %, bleg oliven (5Y 6/3 fugtig), pletterne er store, større end 15 mm, afrundede med en klar grænse, mindre end 2 mm og tydelig kontrast; grålige gleyslirer på brun bund; humusfattig; moderat medium pladestruktur; fugtig, meget klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % blanding; små, (2,0 - 7,5 cm) sten af blandet form og blandede typer uden kalk; mindre end 5 vol % noder med en diameter mindre end 1 cm, bløde, afrundede, Fe- og Mn-oxider & hydroxider ( sorte ); stærkt diskontinuert cementering, mindre end 50% er hårdt, pladestruktur, pladeagtig fragipan.			



**Figur 3.5.** Skitse af øst-vest profilvæg ved Nr. Felding. Farverne viser pedologien og stregerne den geologiske opmåling. Signaturforklaring findes i appendiks 1.



**Figur 3.6.** Foto øst-vest profilvæg ved Nr. Felding. Udsnittet er 1,5 m højt og 10 m langt.



**Figur 3.7.** Skitse af nord-syd profilvæg ved Nr. Felding. Farverne viser pedologien og stregerne den geologiske opmåling. Signaturforklaring findes i appendiks 1.



**Figur 3.8.** Skitse af nord-syd profilvæg ved Nr. Felding. Udsnittet er 1,4 m højt og 8 m langt.

### 3.1.2 Hjortkær lokaliteten

Profilet klassificeres efter det danske system (Madsen, 1985) som en Typilessive pga. den diagnostiske Bt-horisont og da den har en Bvs-horisont øverst som en Topbrunsol. Da der er pseudogley fra 90 cm er jorden en Topbrunsol pseudogleyet Typilessive. Efter det amerikanske system Soil Taxonomy (1999) klassificeres jorden som Humic Fragiudept.

#### 3.1.2.1 Jordbundsudvikling

Jordbundsudviklingen ved Hjortkær er påvirket af udvaskning, forbruning, ler nedslæmning, podsolering, fragipan dannelse, temporær vandstuvning og landbrugsdrift med jordbrugskalkning, tabel 3.4.

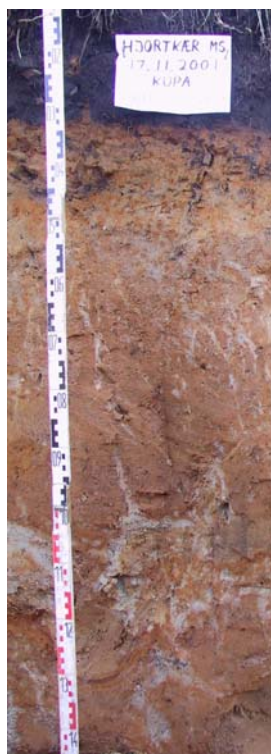
Jorden i Hjortkær har været fuldstændigt udvasket for karbonat, tabel 3.8, men siden forrige århundrede har tilførsel af karbonat ved mergling og jordbrugskalkning bevirket at pH-værdien i de øverste jordlag hvorved den igangværende podsoleringsprocesser er aftaget i styrke. Indholdet af jern i de øvre horisonter ligger på et nogenlunde ens niveau. Dette kan forklares ved at jorden befinder sig i en overgangsfase mellem forbruningsprocesser og podsolering. Ved forbruning sker der en in-situ forvitring af jern og dannelse af jernoxider mens de migrerer og udfældes igen i et dybere niveau ved podsolering.

Lernedslæmningen til den underliggende BCt(g) horisont viser ingen eller kun få tegn på clayskins, men kunne erkendes og navngives i felten ligesom det ses af analyseresultaterne, tabel 3.8. Dannelsen af temporært grundvand midt i profilet skyldtes sandsynligvis, at grovpore-indholdet i BCt(g) er særdeles ringe og vandtransporten ned gennem BCt(g) horisonten foregår langsomt. Tilstedeværelsen af en fragipan (Van Vliet & Langohr 1981) kan også være medvirkende til dannelsen af et temporært grundvandsspejl og dermed medvirke til pseudogley dannelsen. Der er tegn på en begyndende degradering af BCt(g)-horisonten idet den øvre horisontgrænse er diffus og bølget. Variationen i horisonterne som vist i fig. 3.9 - 3.12 er typiske for bakkeø jorder og følger teksturelle og strukturelle forskelle i jorden.

**Tabel 3.4.** Lokalitetsbeskrivelse, klassifikation og pedologisk horisontbeskrivelse for lokalitetsnr. 290 ved Hjortkær (DJF profil nr. 3169).

<b>Hjortkær – DJF profil nr. 3169</b>			
<b>Dansk jordklassifikation</b>	Topbrunsol Pseudogleyetyl Typilessive	<b>USDA jordklassifikation</b>	Humic Fragiudept
<b>Udgangsmateriale</b>	Moræneaflejringer	<b>Profil dybde</b>	170 cm
<b>UTM</b>	32 482135 6156512	<b>Dræningsklasse</b>	Moderat veldrænet jord
<b>Landskabsform</b>	Bakkeø	<b>Grundvandsdybde</b>	160 cm
<b>Kort blad</b>	1113 II NV Årre	<b>Vegetation</b>	Høstet afgrøde
<b>Kote</b>	21 m	<b>Max. rod dybde</b>	50 cm
<b>Topografi</b>	Flade	<b>Beskriver</b>	Søren Torp & Steven Ashouti
<b>Hældning</b>	1-3°	<b>Dato</b>	16.11.2001
<b>Bemærkninger</b>	Tegn på preferentiel strømning mod sandlinser. Mange ormegange fra 30-45 cm, få i 70 cm.		

### Profilbeskrivelse



#### Ap ( 0-27 cm )

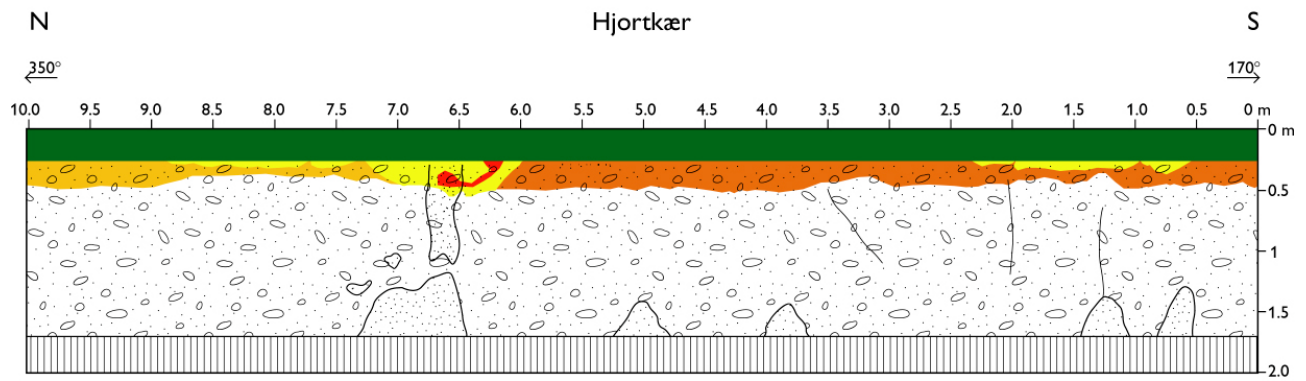
Sort (10YR 2/1 fugtig) siltet sand; humusholdig, 1 - 7 %; meget svag grov subangulær struktur; fugtig, ikke klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % blanding; små, (2,0 - 7,5 cm) sten af blandet form og blandede typer uden kalk; hyppige fine rødder; porer, 1 - 10 / dm<sup>2</sup> orme- og rodgange; abrupt jævn horisontgrænse.

#### Bvs ( 27-43 cm )

Brunlig gult ( 10YR 6/6 fugtig ) siltet sand; få pletter, mindre end 2 %, pletterne er store, større end 15 mm, afrundede med en diffus grænse, større end 2 mm og svag kontrast; humusfattig; moderat grov subangulær struktur; fugtig, klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % blanding; små, (2,0 - 7,5 cm) sten af blandet form og blandede typer uden kalk; mindre end 5 vol % noduler med en diameter større end 1 cm, bløde, afrundede, Fe-oxider & hydroxider ( røde ); nogle fine rødder; 1 - 10 / dm<sup>2</sup> orme- og rodgange; meget lidt plettet af tykke humus rodgange; diffus bølget horisontgrænse.

#### BCt(g) ( 43-170 cm )

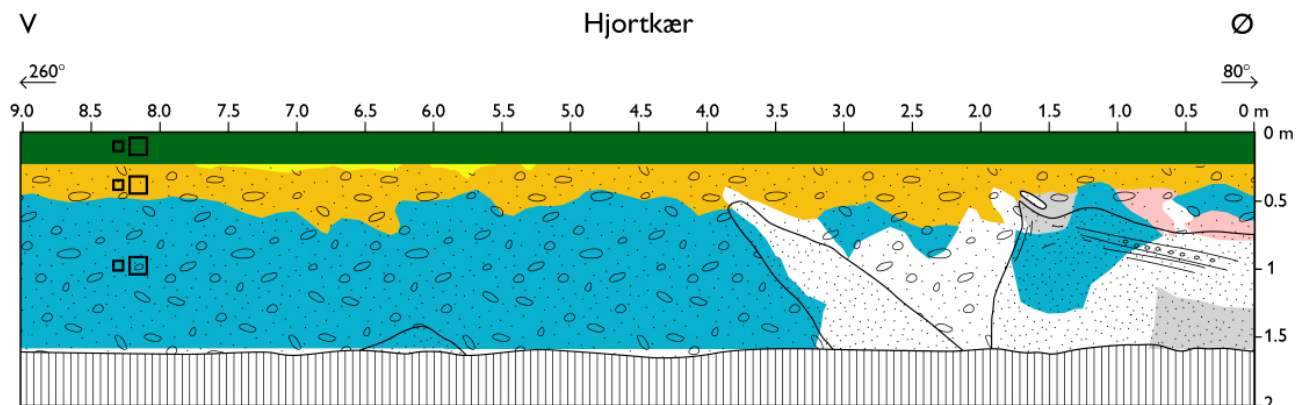
Gullig brun (10YR 5/6 fugtig) lerholdigt siltet sand; mange pletter, mere end 20 % af farven lys grå (5Y 7/2 fugtig), pletterne er store, større end 15 mm, brogede med en diffus, større end 2 mm grænse og fremtrædende kontrast; desuden findes sekundære farvepletter af farven rødlig gul (7,5YR 6/8 fugtig); grålige gleyslirer på brun bund; humusfattig; stærk grov prismatisk struktur; mindre end 5 vol % sten af alle størrelser, form og blandede typer uden kalk; mindre end 5 vol % noduler med en diameter større end 1 cm, bløde, afrundede, Fe-oxider & hydroxider ( røde ) + Fe- og Mn-oxider; stærkt diskontinuert cementeret, mindre end 50% er hårdt, som angulære blokket fragipan.



**Figur 3.9.** Skitse af nord-syd profilvæg ved Hjortkær. Farverne viser pedologien og stregerne den geologiske opmåling. Signaturforklaring findes i appendiks 1.



**Figur 3.10.** Foto af nord-syd profilvæg ved Hjortkær. Udsnittet er 1,5 m højt og 10 m langt.



**Figur 3.11.** Skitse af vest-øst profilvæg ved Hjortkær. Farverne viser pedologien og stregerne den geologiske opmåling. Signaturforklaring findes i appendiks 1.



**Figur 3.12.** Skitse af vest-øst profilvæg ved Hjortkær. Udsnittet er 1,5 m højt og 9 m langt.

### 3.1.3 Jordbundens karakteristika, forskelle og ligheder ved de tre Bakkeø lokaliteter

De tre bakkeø jorder er alle præget af landbrugsdriften ved tilstedeværelsen af et humusrigt og homogent pløjelag. Hævningen af pH ved mergling og kalkning har ændret pH-profilen hvormed de højeste værdier findes i de øvre jordlag. Alle jorder er helt udvaskede for et eventuelt oprindeligt kalkindhold.

Astrup er dog speciel ved tilstedeværelsen af de to begravede pløjelag under det nuværende. I Astrup var der desuden indtil flere begravede podsol-horisonter under de overliggende pløjelag. Jordbundsudviklingen i Astrup og Hjortkær kan sammenlignes ved at den begge steder befinder sig i en overgangsfase mellem forbruning og en begyndende podsolering. I Nr.Felding er podsoleringen fremskreden i det øvre dæksandslag, mens der er tegn på lernedvaskning i den underliggende morænesand. Tilstedeværelsen af diskontinuerte fragipans ses i Nr Felding og i Hjortkær.

Alle tre jorder har i B-horizonten tegn på temporær vandstuvning i våde perioder. I Hjortkær ses dette allerede fra 43 cm's dybde, i Nr. Felding fra 70 cm og i Astrup ses det fra 90 cm. Variationen i dybden til de vandprægede horisonter kan ses på profilskitserne som blålige horisonter.

Den store horisontvariation er ikke overraskende og kan betegnes som typisk for bakkeøernes mangfoldige jordbundvariation. De mange begravede horisonter i dele af profilvæggene ved Astrup må dog betegnes som atypiske for større arealer, men lignende er set før flere steder på bakkeøerne (Dalsgaard et al. 2000).

## 3.2 Geologi

Peter Roll Jakobsen (GEUS) og Vibeke Ernsten (GEUS)

Beskrivelsen af geologien i udgravningerne fokuserer på lithologien og de primære sedimentære strukturer, der anvendes til at inddele sedimenterne i sedimentære facies. Ved sedimentære facies forstås en inddeling af sedimentet i særegne enheder karakteriseret ved blandt andet deres kornstørrelsesfordeling, sorteringsgrad og sedimentære strukturer, beskrevet nærmere i KUPA rapport nr. 2, Metoderapport (Barlebo et al. 2002). Generelt er det dog kun muligt at erkende de primære sedimentære strukturer i C-horizonten, da jordbundsudvikling har udvisket strukturerne i den øvre del af udgravningerne. For de enkelte marker præsenteres geologien i boringen, der indgår i fuldt undersøgelsesprogrammet, i form af en geologisk log, hvor de gennemborede sedimenters lithologi, kornstørrelsesfordeling, sedimentære strukturer, forekomsten af kalk og karakteristiske farver fremgår. Det skal bemærkes at den pedologiske og geologiske kornstørrelsesskala er lidt forskellig, hvorfor de anvendte kornstørrelsesfraktioner i nogle tilfælde relaterer sig til forskellige kornstørrelsesbetegnelser i de pedologiske og geologiske afsnit (se tabel 3.1 i afsnit 3.1).

### 3.2.1 Astrup lokaliteten

I udgravningen er der påtruffet to typer sedimenter, en sandet diamikt og en fin til mellemkornet sand (fig. 3.1-3.4). Sandenheden overlejrer diamikten i størstedelen af udgravningen, med en grænseflade der hælder mod nord (figur 3.3), og i den øst-vest orienterede del af udgravningen ses kun sandenheden.

Diamikten består af sand, mest mellemkornet, der er siltet, leret, svagt gruset med enkelte spredte sten. Farven er i de øverste ca. 20 cm rødbrun og derunder brungrå med partier der er lys brungrå og rødbrun.

Diamikten er karakteriseret som morænesand med matrixunderstøttede klaster (facies Dmh).

Sandet er er dels lagdelt med lag af finkornet sand og fin til mellemkornet sand og krydslejret fin til mellemkornet sand.

Sandet er antageligt flyvesand der har udfyldt en lavning i terrænet (facies Sl og St).

Geologien i boringen ved Astrup (DGU arkivnr. 83.1680) er beskrevet i figur 3.13. Boringen er gennemført ned til 6 meter under terræn. Under et 30 cm tykt muldlag forekommer morænesand ned til 3 meter, herefter følger moræneler til 5 meter under terræn og morænesand til 6 meter under terræn. De gennemborede lag er iltede og fremstår med enten brunlige nuancer eller med rustfarvede farvemønstre. Grundvandsspejlet blev på boringstidspunktet (18. september 2001) registreret i en dybde af 3,62 meter.



**BORERAPPORT**
**DGU arkivnr : 83. 1680**

**Borested** : Hvingelvej, Astrup  
KUPA, Bor. 284

**Kommune** : Ringkøbing  
**Amt** : Ringkøbing

**Boringsdato** : 18/9 2001

**Boringsdybde** : 6 meter

**Terrænkote** : 20,32 meter o. DNN

**Brøndbore** : Carl Bro A/S  
**MOB-nr** :  
**BB-journr** :  
**BB-bornr** :

**Prøver**  
**- modtaget** :  
**- beskrevet** : 18/9 2001 af : ENY  
**- antal gemt** : 0

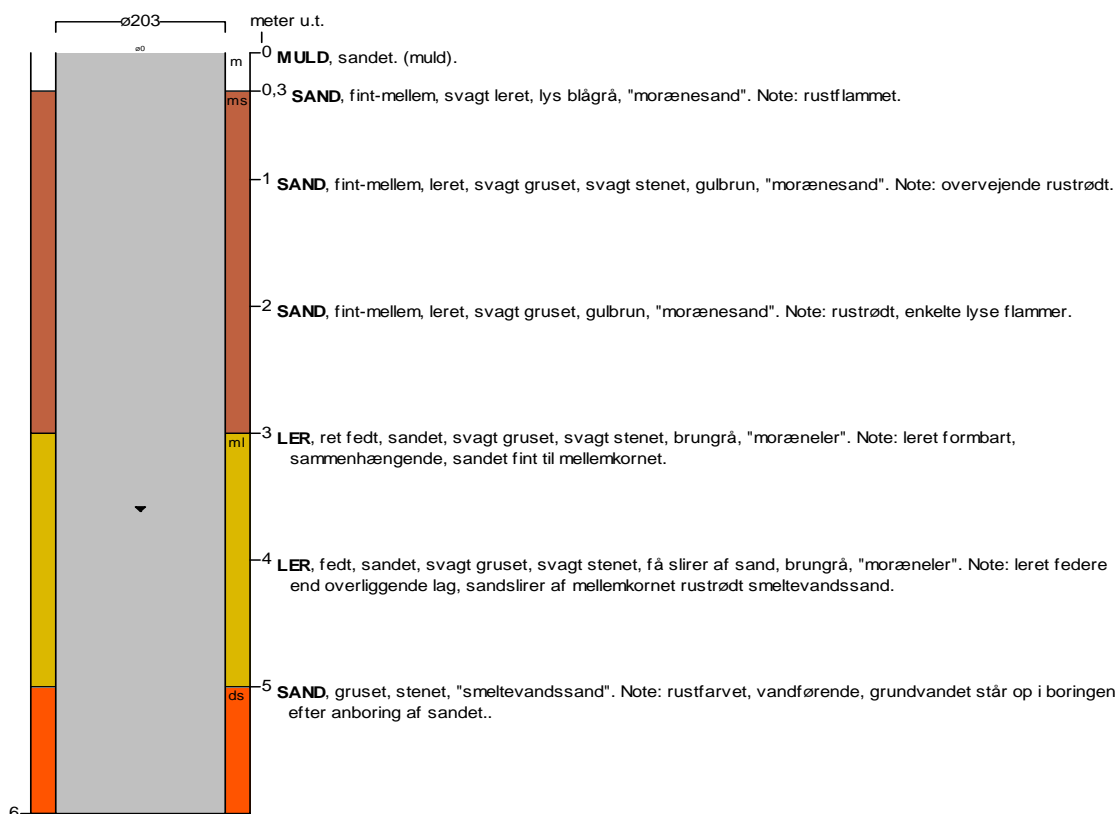
**Formål** : Undersøg./videnskab  
**Anvendelse** : Sløjfet/opgivet bor  
**Boremethode** :

**Kortblad** : 1114 IVNØ  
**UTM-zone** : 32  
**UTM-koord.** : 458811, 6224891

**Datum** : ED50  
**Koordinatkilde** : GEUS  
**Koordinatmethode** : KMS digitale kort

Indtag 1 (seneste)	Ro-vandstand	Pejledato	Ydelse	Sænkning	Pumpetid
	3,62 meter u.t.	18/9 2001			

**Notater** : Prøvebeskrivelsen udført i felten af Erik Nygård, En lille prøve for hver meter u.t. Rørprøver og storprøver i 1,5 og 2,5 meters dybde - indtastet af AGR



**Figur 3.13.** Geologiske forhold ved Astrup, lokalitetsnr. 284 (DGU arkivnr. 83.1680).

### 3.2.2 Nr. Felding lokaliteten

I udgravningen er der påtruffet to enheder; øverst en fin til mellemkornet sandenhed og nederst en diamikt, figur 3.5 – 3.8.

Den øverste enhed varierer i tykkelse fra 0 til 60 cm. Enheden består af sand der er lagdelt med finkornet og mellemkornet sand, der er gråbrunt og kalkfrit.

Enheden er karakteriseret som lagdelt flyvesand (facies SI).

Diamikten består af sand, mest mellemkornet, brungrå med partier der er broget lys grå og rødbrun, siltet, leret, svagt gruset med enkelte sten. I diamikten forekommer sandlinser og sandstriber. Både linser og striber hælder mod østsydøst, og der er målt strygning på 10° og hældning på 34° mod østsydøst. Sandstriberne kan følges fra toppen af enheden til bunden af udgravningen.

Diamikten er karakteriseret som strukturløst morænesand med matrixunderstøttede klaster (facies Dmh) med sandstriber og linser af strukturløst smeltevandssand. Sandstriberne stammer antagelig fra det underliggende smeltevandssand, og er trukket med op i morænesandet under aflejring af dette.

Det er ikke usandsynligt at sandstriben i den sydlige profilvæg fra 2 til 5 m udgør en direkte forbindelse fra det overliggende flyvesand til det underliggende smeltevandssand.

Geologien i boringen ved Nr. Felding (DGU arkivnr. 74.1132) er beskrevet i figur 3.14. Boringen er gennemført ned til 4 meter under terræn. Under et 0,3 m tykt muldrag forekommer et 0,3 m tykt lag af flyvesand, efterfulgt af morænesand ned til 1,35 meter, herefter følger smeltevandssand til 1,6 meter under terræn, hvor morænesand atter forekommer ned til 2,2 meter. I resten af boringen optræder vekslende lag af smeltevandssand, morænesilt og smeltevandssilt. De gennemborede lag er overvejende iltede og fremstår med brunlige nuancer. Sandlaget fra 1,2-1,35 meter og fra 3,7-3,9 meter er imidlertid beskrevet ved grå farver. Grundvandsspejlet blev på boringstidspunktet (20. september 2001) registreret i en dybde af 1,48 meter.

**BORERAPPORT**
**DGU arkivnr : 74. 1132**
**Borested** : Præstbjerg Plantage, Nr. Felding

**Kommune** : Trehøje

KUPA, Bor. 289

**Amt** : Ringkøbing

**Boringsdato** : 20/9 2001

**Boringsdybde** : 4 meter

**Terrænkote** : 43,06 meter o. DNN

**Brøndborer** : Carl Bro A/S

**Prøver**
**MOB-nr** :

**- modtaget** :

**BB-journr** :

**- beskrevet** : 20/9 2001 af : ENY

**BB-bornr** : Nr. Felding

**- antal gemt** : 0

**Formål** : Undersøg./videnskab

**Kortblad** : 1115 IISV

**Datum** : ED50

**Anvendelse** : Sløjfet/opgivet bor

**UTM-zone** : 32

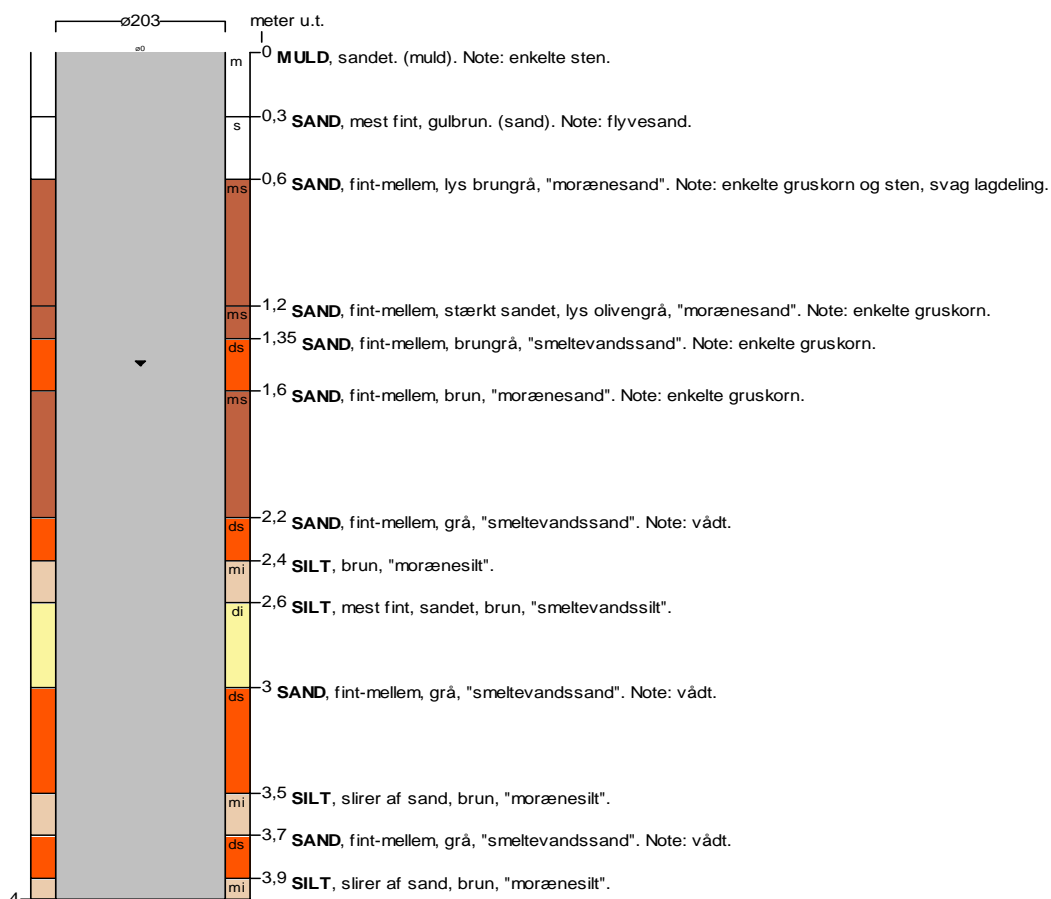
**Koordinatkilde** : GEUS

**Boremethode** :

**UTM-koord.** : 474282, 6240341

**Koordinatmethode** : KMS digitale kort

Indtag 1 (seneste)	Ro-vandstand	Pejledato	Ydelse	Sænkning	Pumpetid
	1,48 meter u.t.	20/9 2001			


**Figur 3.14.** Geologiske forhold ved Nr. Felding, lokalitetsnr. 289 (DGU arkivnr. 74.1132).

### 3.2.3 Hjortkær lokaliteten

Sedimentet i udgravningen er dårligt sorteret (diamikt) og består af sand, gråbrunt med partier der er lys grå og rødbrun, der er siltet, stærkt leret, svagt gruset og med enkelte sten, figur 3.9 – 3.12. Desuden er der sandlinser og enkelte sprækker. Sandlindserne er mere vandførende end diamikten, og sandet bliver skyldet ud i udgravningen. en større sandlindse ses i den nordligste ende af udgravningen. Sprækkerne er vertikale, plane og sprækkesporet kan følges op til 80 cm i profilvæggen. Omkring sprækken er der en grå halo, ca. 1 cm bred, figur 3.10.

Sedimentet er karakteriseret som strukturløst morænesand med matrixunderstøttede klaster (facies Dmh).

Geologien i boringen ved Hjortkær (DGU arkivnr. 122.1708) er beskrevet i figur 3.15. Boringen er gennemført ned til 6 meter under terræn. Under et 0,3 m tykt muldlag forekommer svagt leret morænesand ned til 2 meter og herefter morænesandet med enkelte gruskorn og sten. De gennemborede lag er iltede og fremstår med brunlige nuancer ned til 2 meter under terræn, hvorefter det geokemiske miljø ændres og grå nuancer bliver almindelige. Grundvandsspejlet blev på boringstidspunktet (13. november 2001) registreret i en dybde af 3,25 meter.

**BORERAPPORT**
**DGU arkivnr : 122. 1708**
**Borested** : Møllegårdsvej 25, Hjortkær

**Kommune** : Helle

KUPA, Bor. 290

**Amt** : Ribe

**Boringsdato** : 13/11 2001

**Boringsdybde** : 6 meter

**Terrænkote** : 19,38 meter o. DNN

**Brøndbore** : Carl Bro A/S

**Prøver**
**MOB-nr** :

- modtaget : 29/4 2002 antal : 6

**BB-journr** :

- beskrevet : 13/11 2001 af : ENY

**BB-bornr** :

- antal gemt : 0

**Formål** : Undersøg./videnskab

**Kortblad** : 1113 IINV

**Datum** : ED50

**Anvendelse** : Sløjfet/opgivet bor

**UTM-zone** : 32

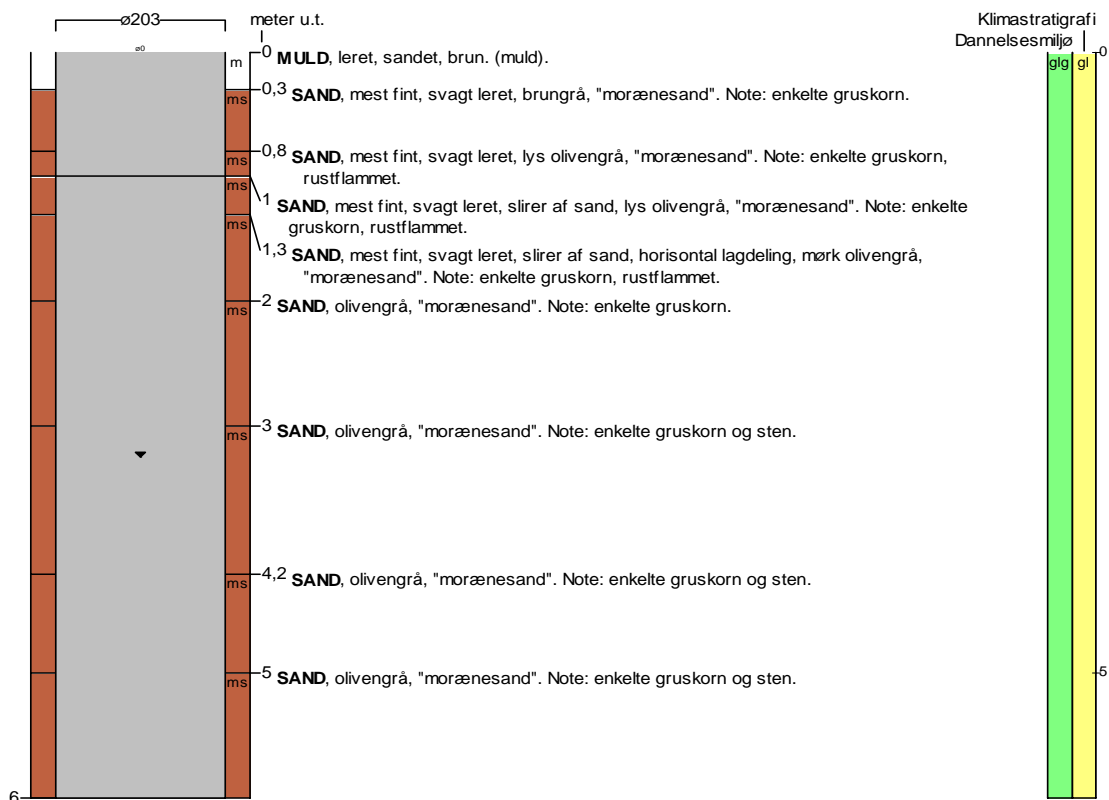
**Koordinatkilde** : GEUS

**Boremethode** : Snegleboring

**UTM-koord.** : 482255, 6156398

**Koordinatmethode** : KMS digitale kort

	Ro-vandstand	Pejledato	Ydelse	Sænkning	Pumpetid
Indtag 1 (seneste)	3,25 meter u.t.	13/11 2001			


**Aflejringsmiljø - Alder (klima-, krono-, litho-, biostratigrafi)**

meter u.t.

0 - 6 glacigen - glacial

**Figur 3.15.** Geologiske forhold ved Hjortkær, lokalitetsnr. 290 (DGU arkiv nr. 122.1708)

### 3.2.4 Sedimentologiske karakteristika, forskelle og ligheder mellem de tre morænesandslokaliteter

I tabel 3.5 er vist typen af facies og den arealmæssige fordeling af disse opmålt på profilvægge inden for udgravningerne på de tre undersøgelsesmarker.

**Tabel 3.5.** Udbredelse af facies i opmålte profilvægge fra udgravninger inden for de tre undersøgelsesmarker. Fordelingen baserer sig på en arealmæssig opmåling (i m<sup>2</sup>) af de sedimentære facies fra C-horisonten og nogle tilfælde også B-horisonten.

	Astrup (Totale areal: 19 m <sup>2</sup> )	Nr. Felding (Totale areal: 20 m <sup>2</sup> )	Hjortkær (Totale areal: 26 m <sup>2</sup> )
<b>Dmh:</b> homogen, matrix-understøttet diamikt	33 %*	76 %*	88 %*
<b>St:</b> trug krydslejret sand	3 %		
<b>Sl:</b> lavvinklet krydslejret/lagdelt sand	64 % *	21 %*	
<b>S:</b> Sand hvori primære strukturer ikke kan erkendes p.g.a. jordbundsudvikling eller lignende		3 %	12 %

\*Facies hvorfra der er udtaget prøver til analyser

Boringerne ved Astrup, Nr. Felding og Hjortkær er henholdsvis 6, 4 og 6 meter dybe. På alle 3 lokaliteter er laget under muldlaget og ned til ca. 2 meter domineret af morænesand. På Hjortkær forsætter morænesandet gennem hele profilet hvor der ved Astrup og Nr. Felding forekommer indslag af mere finkornede sedimenter. Farvebeskrivelserne viser altovervejende iltede forhold ved Astrup og Nr. Felding, mens der ved Hjortkær ses et markant skift fra iltede til reducerede forhold i 2 meters dybde. Grundvandsspejlet på boringstidspunktet er målt til 3,62 m, 1,48 m og 3,25 m ved henholdsvis Astrup, Nr. Felding og Hjortkær.

### 3.3 Geokemi

Vibeke Erntsen (GEUS) og Søren Torp (DJF)

Fysiske, kemiske og mineralogiske forhold på de enkelte lokaliteter er søgt bestemt ved en række parametre, der enten direkte menes at have betydning for udbredelsen af pesticider eller også indgår i beskrivelsen af de pedologiske forhold på pågældende sted. Analyseprogrammet omfatter kornstørrelsesbestemmelse, indhold af organisk stof, pH-værdier målt i henholdsvis vand og calcium chlorid, jern- og aluminium-forbindelser er bestemt ved ekstraktion med henholdsvis natriumdithionit-natriumcitrat-natriumbicarbonat (Fe<sub>DCB</sub> og Al<sub>DCB</sub>) og oxalat (Fe<sub>oxalat</sub> og Al<sub>oxalat</sub>), optical density of oxalate extract (ODOE), ombyttelige kationer og sure brint-ioner, CEC, indhold af calciumcarbonat, mineralogisk sammensætning og specifikt overfladeareal. Samtlige analyser er udført som enkeltbestemmelser. For en mere indgående beskrivelse af de anvendte analysemetoder henvises der til KUPA rapport nr. 2, Metoderapport (Barlebo et al. 2002). Prøverne der præsenteres i dette afsnit er analyseret efter et fuldt analyseprogram (se kapitel 2) og omfatter derfor maksimalt 5 prøver pr. lokalitet.

Analyseresultaterne for lokaliteterne Astrup, Nr. Felding og Hjortkær fremgår af tabellerne 3.6-3.8.

### 3.3.1 Astrup lokaliteten

Kornstørrelsesfordelingen i prøverne fra Astrup er i alle horisonter og lag domineret af groft mellemsand (200-500  $\mu\text{m}$ ) med indhold på 26% til 47 %, tabel 3.6. Desuden forekommer betydelige mængder af fint sand (63-125  $\mu\text{m}$ ) og fint mellem sand (125-200  $\mu\text{m}$ ). Indholdet af ler svinger ned gennem profilet, fra 4,2 % i Ap horisonten til 2,1 % i ca. 1 meters dybde til 12,3 % i 2,75 meter, der ligger umiddelbart over et lag af moræneler. Bhs horisonten har det største indhold af finsand og klassificeres som JB4. C-horisonten i ca. 1 meters dybde klassificeres ligeledes som JB1 type og de resterende horisonter og lag som JB3 til JB6. Indholdet af organisk stof udgør 1,3 % C i Ap horisonten, hvorefter indholdet aftager markant og når et niveau på 0,1-0,2 % C i 85-105 cm dybde og dybere ned.

De undersøgte prøver fremstår kalkfrie og profilet udmærker sig ved generelt faldende pH-værdier fra overfladen (pH<sub>CaCl2</sub> 6,51) ned til 2,75 meters dybde (pH<sub>CaCl2</sub> 3,76). De forholdsvis høje pH-værdier i de overfladenære horisonter skyldes tilførsel af jordbrugskalk. Opkalkning er ligeledes årsagen til den forholdsvis høje basemætning (59 %) i Ap horisonten, hvorefter basemætningen aftager først til 12 % i B- og C-horisonten, for dernæst at stige til omkring 20 % i de efterfølgende lag, hvor forvittringsintensiteten har været mindre. Brintionen er, med undtagelse for Ap horisonten, den mest almindelige ombyttelige kation. I Ap horisonten er det calcium-ionen der er mest almindelig. CEC-værdien er 9 cmol kg<sup>-1</sup> i Ap horisonten, hvorefter den stiger til 17 cmol kg<sup>-1</sup> i Bhs horisonten, for atter at aftage i de efterfølgende dybder til typisk 5-6 cmol kg<sup>-1</sup>.

Den mineralogiske sammensætning er i alle undersøgte dybder domineret af kvarts. Desuden forekomme nogle lermineraller specielt i dybderne 1,75 og 2,75 meter. I de øverste horisonter har forvittringsprocesser bevirket et fald i indholdet af K-, Na-Ca feltspat samt glimmer. Stigende indhold af disse mineraler erkendes med tiltagende dybde. Pyroxener er detekteret i Bvs og C(g) horisonterne. En fremskredne forvittring kan ligeledes erkendes ved betydelige indholdet af jernoxider (Fe<sub>oxalat</sub> og Fe<sub>DCB</sub>) i de øverste 2 horisonter. Herefter aftager indholdet for atter at stige i henholdsvis 1,75 og 2,75 meter. Det stigende indhold af jernoxider skyldes de hydrologiske forhold med bl.a. temporære vandmætning på denne lokalitet. Samme fordeling erkendes for aluminiumsoxider (Al<sub>oxalat</sub> og Al<sub>DCB</sub>), idet dog indholdet i de dybe prøver aftager og stabiliseres på niveau omkring 630 mg Al kg<sup>-1</sup>. De mineralogiske egenskaber resulterer i en grå farve for Ap horisonten som følge af tilstedeværende organisk stof og iltede brunlige farver ned til 2,75 meters dybde.

Det specifikke overfladeareal er 0,6 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup> i Ap horison, stiger til 8,4 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup> i Bhs horisonten og aftager atter til 3,2 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup> i C-horisonten. I de dybe lerrige prøver er overfladen bestemt til 10-11 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup>, højest for prøven med det højeste indhold af Fe<sub>DCB</sub>.

**Tabel 3.6.** Analyseresultater for lokalitetsnr. 284 ved Astrup (DJF profil nr. 3156 og DGU arkivnr. 83.1680)

KUPA nr.	Navn	Dybde Cm	Kornstørrelsesfordeling (% af < 2mm fraktion)							% af totalprøve	
			<2	2-20	20-63	63-125	125-200	200-500	0.5-2	2-6,3	>6,3
			µm							Mm	
13-1-1-651	Ap	3-23	4,2	4,3	4,1	20,4	13,4	46,0	5,4	2,7	2,3
13-1-2-652	Bhs	54-74	8,5	12,0	10,3	15,2	16,9	26,4	9,0	6,3	1,0
13-1-3-653	C(g)	85-105	7,7	6,3	8,0	17,8	13,6	38,1	8,2	4,3	4,6
13-1-4-654	C	90-110	2,1	0,9	1,8	25,3	18,0	47,3	4,5	0,2	0,0
13-1-5-655	C	175	12,3	6,7	9,4	14,3	20,5	28,7	8,0	3,4	7,7
13-1-6-902		275	12,3	7,2	9,7	14,3	9,2	38,2	9,0	2,0	0,1

KUPA nr.	JB-nr	Org. C %	pH (H <sub>2</sub> O) 1:1	pH (CaCl <sub>2</sub> ) 1:2,5	Fe <sub>oxalat</sub>	Al <sub>oxalat</sub>	Fe <sub>DCB</sub>	Al <sub>DCB</sub>	ODOE
					Mg kg <sup>-1</sup>				
13-1-1-651	1	1,3	6,53	6,51	3396	535	2950	618	0,1152
13-1-2-652	4	1,0	5,88	4,95	8013	4954	11218	5408	0,3937
13-1-3-653	3	0,2	5,69	4,58	1366	2004	1287	1727	0,0517
13-1-4-654	1	0,1	5,80	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
13-1-5-655	6	0,1	4,97	3,82	1864	713	3007	621	0,0331
13-1-6-902	5	0,1	4,92	3,76	2905	1138	3628	631	0,0453

KUPA nr.	Ombyttelige kationer cmol kg <sup>-1</sup>							Base- mætning %	CaCO <sub>3</sub> %
	Ca	Mg	K	Na	Baser total	H <sup>+</sup>	CEC Total		
13-1-1-651	5,09	0,19	0,12	0,00	5,40	3,75	9,15	59	0
13-1-2-652	1,93	0,09	0,09	0,04	2,15	15,10	17,25	12	0
13-1-3-653	0,59	0,04	0,09	0,00	0,72	5,33	6,05	12	0
13-1-4-654	0,10	0,01	0,00	0,03	0,14	0,60	0,74	19	n.d.
13-1-5-655	1,01	0,07	0,11	0,01	1,20	4,75	5,95	20	0
13-1-6-902	1,09	0,18	0,10	0,01	1,38	4,35	5,73	24	0



KUPA Nr.	Mineralogisk sammensætning	Farve	Overfladeareal m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup>
13-1-1-651	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe- og Al-oxider, spor af feltspat	grå	0,6
13-1-2-652	Domineret af kvarts, mindre mængder lerminerale, Fe- og Al-oxider, spor af feltspat, glimmer og pyroxener	lys gulbrun	8,4
13-1-3-653	Domineret af kvarts, mindre mængder lerminerale, Fe- og Al-oxider, spor af K- og Na-Ca feltspat, glimmer og pyroxener	meget svag brun	3,2
13-1-4-654	n.d.	n.d.	n.d.
13-1-5-655	Domineret af kvarts, nogen lerminerale, mindre mængder Fe-oxider, spor af Al-oxider, K- og Na-Ca feltspat, glimmer og pyroxener	gul	10,1
13-1-6-902	Domineret af kvarts, nogen lerminerale, mindre mængder Fe-oxider, spor af Al-oxider, K- og Na-Ca feltspat og glimmer	lys gulbrun	11,2

### 3.3.2 Nr. Felding lokaliteten

Ved Nr. Felding er kornstørrelsesfordelingen i alle horisonter og lag domineret af groft mellemsand (200 500 µm) der udgør mellem 31 % og 63 %, tabel 3.7. Ap horisonten den mest velsorterede, med den overvejende andel indenfor denne kategori. I Bs horisonten forekomme betydelige indhold af fint sand (63 125 µm) og groft mellem sand (125 200 µm), der sammen med indholdet af groft mellemsand udgør 90 % af fraktionen mindre end 2 mm. Den geologiske beskrivelse tyder ligeledes på at der er tale om flyvesand. Herunder skifter det til morænesand, der med lerindhold på omkring 12 % og således tæt på grænsen for moræneler. Samtidig med det stigende indhold af ler stiger andelen af grovsilt mens andelen af fint sand og groft mellem sand aftager. Ap horisonten klassificeres som JB3 medens det høje indhold af finsand gør at Bs horisonten er JB2 type. De efterfølgende prøver er JB5 og JB6 type. Indholdet af organisk stof er højest i Ap horisonten med 1,53 % C. Herefter aftager indholdet markant til 0,08 % C i dybdeintervallet 0,82 cm til 1,8 meter.

De undersøgte prøver fremstår kalkfrie og profilet udmærker sig ved generelt faldende pH værdier fra overfladen (pH<sub>CaCl2</sub> 6,18) og ned til 1,80 meters dybde (pH<sub>CaCl2</sub> 3,83). De forholdsvis høje pH værdier i de overfladenære horisonter skyldes tilførsel af jordbrugskalk. Opkalkning er ligeledes årsagen til den forholdsvis høje basemætning i Ap horisonten (47 %) og i Bs horisonten (23 %). Dybere aftager basemætningen yderligere til omkring 15 % hvor forvittringsintensiteten har været mindre. Brintionen er den mest almindelige ombyttelige kation i alle dybder. CEC værdien er 14 cmol kg<sup>-1</sup> i Ap horisonten, hvorefter den aftager til 4 8 cmol kg<sup>-1</sup> i de efterfølgende lag.

Den mineralogiske sammensætning er i alle undersøgte dybder domineret af kvarts. Deuden forekommer der i varierende mængder lerminerale. I de øverste horisonter har forvittringsprocesser bevirket et fald i indholdet af K, Na Ca feltspat samt glimmer. Stigende indhold af disse minerale kan erkendes med stigende dybde. Pyroxener er detekteret i 1,8 meter. En fremskredne forvittring kan ligeledes erkendes ved betydelige indholdet af jern-

oxider ( $Fe_{\text{oxalat}}$  og  $Fe_{\text{DCB}}$ ) i dette profil. Det stigende indhold af jernoxider i 1,8 meters dybde skyldes antagelig de hydrologiske forhold med bl.a. temporære vandmætning på denne lokalitet. Indholdet af aluminiumoxider ( $Al_{\text{oxalat}}$  og  $Al_{\text{DCB}}$ ) er generelt aftagende fra overfladen og ned til 1,8 meters dybde hvor det stabiliseres på et niveau omkring  $975 \text{ mg Al kg}^{-1}$ . De mineralogiske egenskaber resulterer i en mørk gråbrun farve for Ap horisonten som følge af tilstedeværende organisk stof og iltede brunlige farvenuancer ned til 1,80 meters dybde.

Det specifikke overfladeareal er  $1,4 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$  i Ap og Bs horisonterne, hvorefter det stiger til  $10\text{-}15 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$  i de dybe forholdsvis lerrige prøver.

**Tablet 3.7.** Analyseresultater for lokalitetsnr. 289 ved Nr. Felding (DJF profil nr. 3158 og DGU arkivnr. 74.1132).

KUPA nr.	Navn	Dybde Cm	Kornstørrelsesfordeling (% af < 2 mm fraktion)								% af totalprøve	
			<2	2-20	20-63	63-125	125-200	200-500	0.5-2	2-6,3	>6,3	
			$\mu\text{m}$						Mm			
14-1-1-676	Ap	5-25	6,1	4,8	2,5	11,3	4,6	62,5	5,6	2,7	3,4	
14-1-2-677	Bs	42-62	2,5	0,9	2,8	20,3	28,1	41,4	3,6	0,4	6,3	
14-1-3-678	2BC (g)	82	12,8	8,7	13,8	14,8	11,6	31,1	7,1	4,2	0,4	
14-1-4-679	2C	115	11,2	5,3	8,8	11,3	16,6	37,3	9,4	5,5	1,1	
14-1-5-680	2C	180	12,3	8,2	13,4	11,2	4,9	41,9	8,0	1,0	0,2	

KUPA nr.	JB-nr	Org. C %	pH (H <sub>2</sub> O) 1:1	pH (CaCl <sub>2</sub> ) 1:2,5	Fe <sub>oxalat</sub>	Al <sub>oxalat</sub>	Fe <sub>DCB</sub>	Al <sub>DCB</sub>	ODOE
					Mg kg <sup>-1</sup>				
14-1-1-676	3	1,53	6,12	5,56	3302	1860	2782	1740	0,2491
14-1-2-677	2	0,23	6,37	5,43	1827	1463	1750	1302	0,0904
14-1-3-678	6	0,08	5,02	3,95	2074	1087	3447	1045	0,0446
14-1-4-679	5	0,08	5,08	4,06	1658	958	3129	954	0,0383
14-1-5-680	5	0,08	4,97	3,83	3222	953	5066	996	0,0438

KUPA nr.	Ombyttelige kationer cmol kg <sup>-1</sup>							Base- mætning %	CaCO <sub>3</sub> %
	Ca	Mg	K	Na	Baser total	H <sup>+</sup>	CEC Total		
14-1-1-676	5,78	0,57	0,17	0,02	6,54	7,28	13,82	47	0
14-1-2-677	0,84	0,05	0,07	0	0,96	3,27	4,23	23	0
14-1-3-678	0,71	0,1	0,18	0	0,99	6,93	7,92	13	0
14-1-4-679	0,76	0,09	0,17	0,02	1,04	5,87	6,91	15	0
14-1-5-680	0,68	0,12	0,19	0	0,99	6,91	7,90	14	0

KUPA nr.	Mineralogisk sammensætning	Farve	Overfladeareal m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup>
14-1-1-676	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe- og Al-oxider, spor af feltspat	mørk gråbrun	1,4
14-1-2-677	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe- og Al-oxider, spor af feltspat	gulbrun	1,4
14-1-3-678	Domineret af kvarts, nogen lerminerale, mindre mængder Fe- og Al-oxider, K- og Na-Ca feltspat, spor af glimmer	lys gulbrun	14,9
14-1-4-679	Domineret af kvarts, nogen lerminerale, mindre mængder Fe-oxider, K- og Na-Ca feltspat og glimmer, spor af Al-oxider	meget svag brun	9,9
14-1-5-680	Domineret af kvarts, nogen lerminerale, mindre mængder Fe-oxider, K- og Na-Ca feltspat og glimmer, spor af Al-oxider og pyroxener	brungul	13,9

### 3.3.3 Hjortkær lokaliteten

Kornstørrelsesfordelingen viser at alle undersøgte horisonter og lag er domineret af groft mellemsand (200-500 µm) der udgør omkring en tredjedel, tabel 3.8. Dertil kommer omkring 10% af hver af fraktionerne fint sand (63-125 µm), fint mellem sand (125-200 µm) og groft sand (0,5-2 mm). Indholdet af ler er lavest i Ap horisonten med 6,2 %, hvorefter indholdet stiger til mellem 12 og 18 %. Ap horisonten klassificeres som JB3 type, og de efterfølgende som JB5 og JB7 typer. Indholdet af organisk stof er højest i Ap horisonten med 2,9 % C, hvorefter indholdet aftager markant allerede i Bvs horisonten og efterfølgende lag til 0,1-0,4 % C.

De undersøgte prøver fremstår kalkfrie og profilet udmærker sig ved generelt faldende pH-værdier fra (pH<sub>CaCl2</sub>) 6,06 i overfladen og ned til 3,81 i 1,50 meters dybde, hvorefter pH-værdien atter stiger i 3,25 meter til 6,32. De forholdsvis høje pH-værdier i de overfladenære horisonter skyldes tilførsel af jordbrugskalk. Opkalkning er ligeledes årsagen til den forholdsvis høje basemætning (43-49 %) i Ap- og Bvs horisonterne, hvorefter basemætningen aftager til 25 % i BCt(g) horisonten, for dernæst at stige til omkring 82 % i 3,25 meter hvor

forvittringsintensiteten har været mindst. Brintionen er for alle prøver, med undtagelse af laget i 3,25 meter, den mest almindelige ombyttelige kation. I 3,25 meter bliver calciumionen den mest almindelige. CEC-værdien er 21 cmol kg<sup>-1</sup> i Ap-horisonten, hvorefter den aftager til omkring 9 cmol kg<sup>-1</sup> i Bvs og BCt(g) horisonterne, for yderligere at tiltage i de efterfølgende dybder til henholdsvis 13 og 17 cmol kg<sup>-1</sup>.

Den mineralogiske sammensætning er i alle undersøgte dybder domineret af kvarts. I de øverste horisonter har forvittringsprocesser bevirket et fald i indholdet af K-, Na-Ca feltspat samt glimmer. Stigende indhold af disse mineraler kan erkendes med stigende dybde. Små mængder pyroxener findes i 1,50 meter. En fremskredne forvitring kan ligeledes erkendes ved betydelige indholdet af jernoxider (Fe<sub>oxalat</sub> og Fe<sub>DCB</sub>) i de øverste 2 horisonter. Herefter aftager indholdet i BCt(g) horisonten for atter at stige markant i C-horisonten i 1,50 meter og atter at aftage i det gråfarvede lag i 3,25 meters dybde. Det forholdsvis høje indhold af jernoxider i C-horisonten skyldes antagelig de hydrologiske forhold med bl.a. temporære vandmætning på denne lokalitet. Fordelingen af aluminiumsoxider (Al<sub>oxalat</sub> og Al<sub>DCB</sub>) viser et lokalt maximum i Bvs horisonten (1980 mg Al kg<sup>-1</sup>) hvorefter indholdet aftager markant til 154 mg Al kg<sup>-1</sup> i 3,25 meter. De mineralogiske egenskaber resulterer i en mørk gråbrun farve for Ap horisonten som følge af tilstedeværende organisk stof, iltede brunlige farver i Bvs-horisonten, lysegrå farve i BCt(g), brunlig farve i C-horisonten, hvorefter farven ændres til grå i 3,25 meters dybde.

Det specifikke overfladeareal er 0,9 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup> i Ap-horisonten, stiger til 6,2 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup> i Bvs-horisonten og aftager atter til 1,4 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup> for atter at stige i de dybere lerrige prøver til 14-16 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup>, højest for prøven med det højeste indhold af Fe<sub>DCB</sub>.

**Tabel 3.8.** Analyseresultater for lokalitetsnr. 290 ved Hjortkær (DJF profil nr. 3169 og DGU arkivnr. 122.1708).

KUPA nr.	Navn	Dybde Cm	Kornstørrelsesfordeling (% af < 2mm fraktion)							% af prøve	
			<2	2-20	20-63	63-125	125-200	200-500	0,5-2	2-6,3	>6,3
			µm							Mm	
15-1-1-681	Ap	2-22	6,2	8,8	11,9	13,8	13,2	33,8	7,4	2,2	7,7
15-1-2-682	Bvs	30-50	11,9	6,6	9,3	10,9	15,1	34,6	11,1	2,7	0,6
15-1-3-683	BCt(g)	60-80	14,3	6,2	9,1	13,2	12,1	35,3	9,6	2,8	0,9
15-1-4-684	C	150	17,8	8,2	11,2	9,5	10,8	28,8	13,2	2,1	2,1
15-1-5-685		325	15,4	8,1	10,0	10,8	11,3	31,5	12,2	3,8	0,2

KUPA nr.	JB-nr	Org. C %	pH (H <sub>2</sub> O) 1:1	pH (CaCl <sub>2</sub> ) 1:2,5	Fe <sub>oxalat</sub>	Al <sub>oxalat</sub>	Fe <sub>DCB</sub>	Al <sub>DCB</sub>	ODOE
					Mg kg <sup>-1</sup>				
15-1-1-681	3	2,9	6,29	6,06	4141	862	4617	1208	0,0978
15-1-2-682	5	0,3	5,85	5,05	5541	1012	2946	1980	0,0550
15-1-3-683	5	0,1	5,28	4,92	3779	827	285	338	0,0336
15-1-4-684	7	0,3	4,80	3,81	1783	535	5402	638	0,0824
15-1-5-685	7	0,4	7,04	6,32	3669	232	2105	154	0,0593

KUPA nr.	Ombyttelige kationer cmol kg <sup>-1</sup>							Base- mætning %	CaCO <sub>3</sub> %
	Ca	Mg	K	Na	Baser total	H <sup>+</sup>	CEC Total		
15-1-1-681	9,61	0,43	0,14	0,03	10,21	10,54	20,75	49	0
15-1-2-682	3,31	0,24	0,18	0,04	3,77	5,07	8,84	43	0
15-1-3-683	1,87	0,15	0,19	0,02	2,23	6,55	8,78	25	0
15-1-4-684	2,01	3,02	0,36	0,18	5,57	7,00	12,57	44	0
15-1-5-685	12,00	1,71	0,30	0,09	14,10	3,20	17,30	82	0

KUPA nr.	Mineralogisk sammensætning	Farve	Overfladeareal m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup>
15-1-1-681	Domineret af kvarts, mindre mængder lerminerale, Fe- og Al-oxider, spor af Na-Ca feltspat	mørk gråbrun	0,9
15-1-2-682	Domineret af kvarts, nogen lerminerale, mindre mængder Fe- og Al-oxider, Na-Ca feltspat og glimmer,	lys gulbrun	6,2
15-1-3-683	Domineret af kvarts, nogen lerminerale, mindre mængder K- og Na-Ca feltspat og spor af Fe- og Al-oxider	lysegrå	1,4
15-1-4-684	Domineret af kvarts, nogen lerminerale, mindre mængder Fe-oxider, K- og Na-Ca feltspat og spor af Al-oxider og pyroxener	brun	15,6
15-1-5-685	Domineret af kvarts, nogen lerminerale, mindre mængder Fe-oxider, K- og Na-Ca feltspat og spor af Al-oxider og glimmer	grå	13,5

### 3.3.4 Sammenligning af fysiske, kemiske og mineralogiske egenskaber

De undersøgte prøver er udtaget i dybder ned til 2,75 meter ved Astrup, 1,80 meter ved Nr. Felding og 3,25 meter ved Hjortkær.

Kornstørrelsesfordelingen i prøverne fra samtlige lokaliteter er domineret af groft mellem sand (200-500 µm). Desuden forekommer vekslende indhold af andre fraktioner hvor det for de mere lerholdige prøver (> 12 % ler) typisk drejer sig om omkring 10 % af hver af fraktionerne grovsilt (20-63 µm), fint sand (63-125 µm), fint mellem sand (125-200 µm) og groft sand (0,5-2 mm). Lerindholdet varierer ned gennem de undersøgte profiler, og kun ved Hjortkær er indholdet i samtlige undersøgte dybder højere end 5 %.

Ap horisonten ved Astrup er af JB1 type hvor den ved Nr. Felding og Hjortkær er af JB3 type. Under Ap horisonten ved Astrup træffes typerne JB1, JB3, JB4, JB5 og JB6, hvor der ved Nr. Felding forekommer JB2, JB 5 og JB6 og ved Hjortkær JB5 og JB7.

Indholdet af organisk stof i Ap horisonten ved henholdsvis Astrup, Nr. Felding og Hjortkær er henholdsvis 1,3% C, 1,53 % C og 1 2,9 % C. Herunder aftager indholdet af kulstof markant og vil dybere end 1 meter typisk være under 0,1 % C ved Astrup og Nr. Felding samt 0,3-0,4 % C ved Hjortkær.

Alle undersøgte sedimentprøver er kalkfrie. Som del af den almindelige landbrugspraksis med tilførsel af jordbrugskalk er pH-værdierne i Ap-horisonterne forholdsvis høje og er på lokaliteterne målt til mellem 6,06 og 6,51 (målt i CaCl<sub>2</sub>). I de følgende horisonter og lag aftager pH til omkring 3,8 i den nedre del af profilet ved Astrup (2,75 meter) og Nr. Felding (1,80 meter). Ved Hjortkær aftager pH-værdien ned til 1,5 meter hvorefter den atter stiger og når 6,32 i den grå reducerede morænesand i 3,25 meter.

Ligeledes som følge af tilførslen af jordbrugskalk varierer basemætningen mellem 47 % og 59 % i de undersøgte Ap horisonter, hvorefter den aftager til 15-20 % i den nedre del af profilerne ved Astrup og Nr. Felding. Ved Hjortkær aftager basemætningen til 25 % i 0,8 meter hvorefter den stiger til 82 % i den grå reducerede morænesand i 3,25 meter.

I Ap horisonten er kationombytningskapaciteten (CEC-værdien) målt til 9 cmol kg<sup>-1</sup> ved Astrup, 14 cmol kg<sup>-1</sup> ved Nr. Felding og 21 cmol kg<sup>-1</sup> ved Hjortkær. Afhængig af bl.a. kornstørrelsessammensætning og omfanget af jordbundsdannende processer varierer CEC-værdierne i de efterfølgende horisonter og lag mellem 4 og 17 cmol kg<sup>-1</sup>.

Den mineralogiske sammensætning er domineret af kvarts. Desuden forekommer varierende mængder lermineraller samt bl.a. feltspat, Fe- og Al-oxider, glimmer og pyroxener. De jordbundsdannende processer, forvittringsintensiteten og sammensætningen på aflejrings-tidspunktet afspejler sig i fordelingen af en størstedelen af disse mineraler, ligesom specielt indholdet af frie jernoxider i de dybere lag påvirkes af de hydrologiske forhold på lokaliteten. Her spiller det forholdsvis overfladenære grundvandsspejl samt temporær vandmætning en betydelig rolle.

Den mineralogiske sammensætning med forholdsvis høje indhold af organisk stof betyder at Ap horisonten ved Astrup fremstår grå hvor den ved Nr. Felding og Hjortkær er mørk gråbrun. Herefter følger som oftest iltede brune farvenuancer til bunden af boringen og kun ved Hjortkær er beskrevet en ændring til grå reducerede og uforvitrede farver i 3,25 meter.

Det specifikke overfladeareal i Ap horisonten varierer mellem 0,6 og 1,4 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup> hvorefter det stiger til mellem 6 og 8 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup> i B horisonterne ved Astrup og Hjortkær, men forbliver uændret i den mindre udviklede Bs horisont ved Nr. Felding. I de efterfølgende horisonter og lag varierer den specifikke overflade i takt med prøvernes sammensætning og mineralogiske egenskaber og når et niveau på 10-16 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup> for de mere lerholdige morænesandsprøver.

## **3.4 Hydraulik**

Bo Vangsø Iversen (DJF) og Ole Hørbye Jacobsen (DJF)

### **3.4.1 Udtagne prøver**

Følgende prøver er blevet udtaget i relation til de hydrauliske målinger i det fulde undersøgelsesprogram.

#### **3.4.1.1 Astrup lokaliteten**

Der blev udtaget fem intaktprøver i Ap- og Bhs-horisonten samt tre intaktprøver i E-horisonten i store kolonner (20,0 cm længde, 20,0 cm i indre diameter). Derudover blev der udtaget fem intaktprøver i 100-cm<sup>3</sup> retentionsringe i henholdsvis Ap-, Bhs- og C-horisonten (fig. 3.3) samt i de to boringer. C-horisonten var for kompakt til, at de store kolonner kunne trykkes ned i jorden. Der blev derfor ikke udtaget store kolonner i denne horisont.

### 3.4.1.2 Nr. Felding lokaliteten

Der blev udtaget fem intaktprøver i store kolonner (20,0 cm længde, 20,0 cm i indre diameter) samt fem intaktprøver i 100-cm<sup>3</sup> retentionsringe i henholdsvis Ap-, Bs- og C-horisonten (fig. 3.5). Derudover blev der udtaget fem intaktprøver i 100-cm<sup>3</sup> retentionsringe i B(g)-horisonten (fig. 3.5) samt i en af borerne.

### 3.4.1.3 Hjortkær lokaliteten

Der blev udtaget fem intaktprøver i store kolonner (20,0 cm længde, 20,0 cm i indre diameter) samt fem intaktprøver i 100-cm<sup>3</sup> retentionsringe i henholdsvis Ap-, Bvs- og BCt-horisonten (fig. 3.11). Derudover blev der udtaget fem intaktprøver i 100-cm<sup>3</sup> retentionsringe i de to borer.

## 3.4.2 Volumenvægt

Tabel 3.9 viser værdierne for jordens volumenvægt ved de tre lokaliteter. Værdierne viser med undtagelse af Nr. Felding et typisk forløb med de laveste værdier i den relativt løst bearbejdede, organisk-holdige Ap-horisont og med et stigende forløb i dybden. Ved Nr. Felding har Ap-horisonten en høj volumenvægt sammenlignet med den tilsvarende horisont i de to andre profiler. B-horisonten ved Astrup har en lav volumenvægt sammenlignet med resten af profilet.

**Tabel 3.9.** Volumenvægt (g/cm<sup>3</sup>) målt på 100-cm<sup>3</sup> retentionsringe (n=5).

Horisont	Astrup			Nr. Felding		
	Prøvenummer	Volumenvægt (g/cm <sup>3</sup> )	std.afv.	Prøvenummer	Volumenvægt (g/cm <sup>3</sup> )	std.afv.
Ap	13-1-1-651	1,38	0,07	14-1-1-676	1,60	0,05
E	13-1-4-654	1,58	0,01	-	-	-
B	13-1-2-652	1,33	0,06	14-1-2-677	1,57	0,07
B(g)	-	-	-	14-1-2-961	1,82	0,06
BC/C	13-1-3-653	1,71	0,04	14-1-3-678	1,76	0,05
Boring	13-1-5-655	1,85	0,03	14-1-4-679	1,86	0,03
Boring	13-1-6-902	1,81	0,05	-	-	-
	Hjortkær					
Ap	15-1-1-681	1,36	0,04			
E	-	-	-			
B	15-1-2-682	1,55	0,05			
B(g)	-	-	-			
BC/C	15-1-3-683	1,70	0,03			
Boring	15-1-4-684	1,66	0,02			
Boring	15-1-5-685	1,84	0,02			

### 3.4.3 Teksturanalyse på store kolonner

For nærmere at undersøge sammenhængen mellem den hydrauliske ledningsevne og teksturfordelingen og for undersøge variationen mellem de uforstyrrede prøver og prøven til tekstur samt kemiske analyser blev der på to udvalgte store kolonner udtaget en delprøve til



teksturbestemmelse (tabel 3.10). Der er god overensstemmelse mellem de gennemsnitlige prøver og de to stikprøver fra kolonnerne.

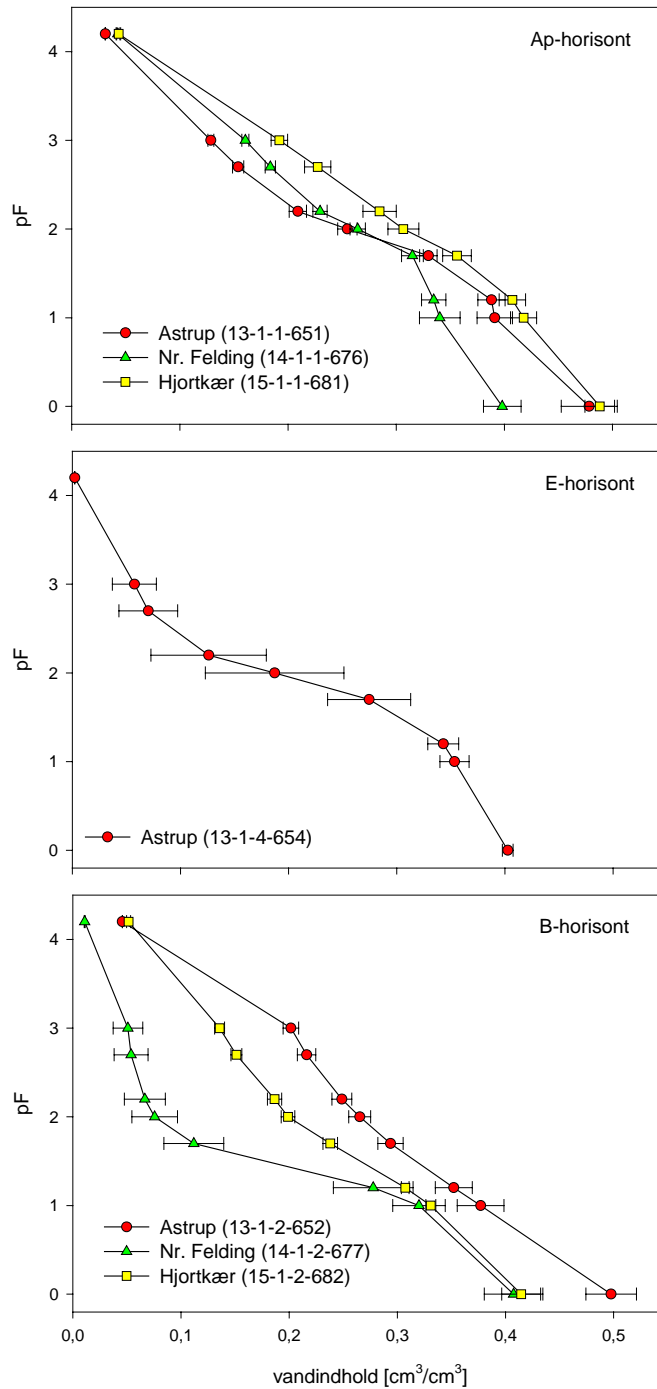
**Tabel 3.10.** Teksturfordelingen (g/100 g) på tre udvalgte prøver udtaget fra de store kolonner (g/100g).

Mark	Prøvenr.	Hori- sont	Prøve dybde (cm)	<2 $\mu$ m	2 –20 $\mu$ m	20 – 63 $\mu$ m	63 – 125 $\mu$ m	125 – 200 $\mu$ m
Nr. Felding	14-1-3-678a	C	120-140	12,3	6,7	12,8	14,8	12,5
Hjortkær	15-1-3-683a	BCt	60-80	11,2	4,8	11,2	16,3	12,6

Mark	Prøvenr.	Hori- sont	Prøve dybde (cm)	200 - 500 $\mu$ m	500 $\mu$ m - 2 mm	2 - 6.3 mm	>6.3 mm	Humus	JB- nr.
Nr. Felding	14-1-3-678a	C	120-140	31,1	9,7	2,5	1,4	0,1	6
Hjortkær	15-1-3-683a	BCt	60-80	35,1	8,6	1,2	0,5	0,2	6

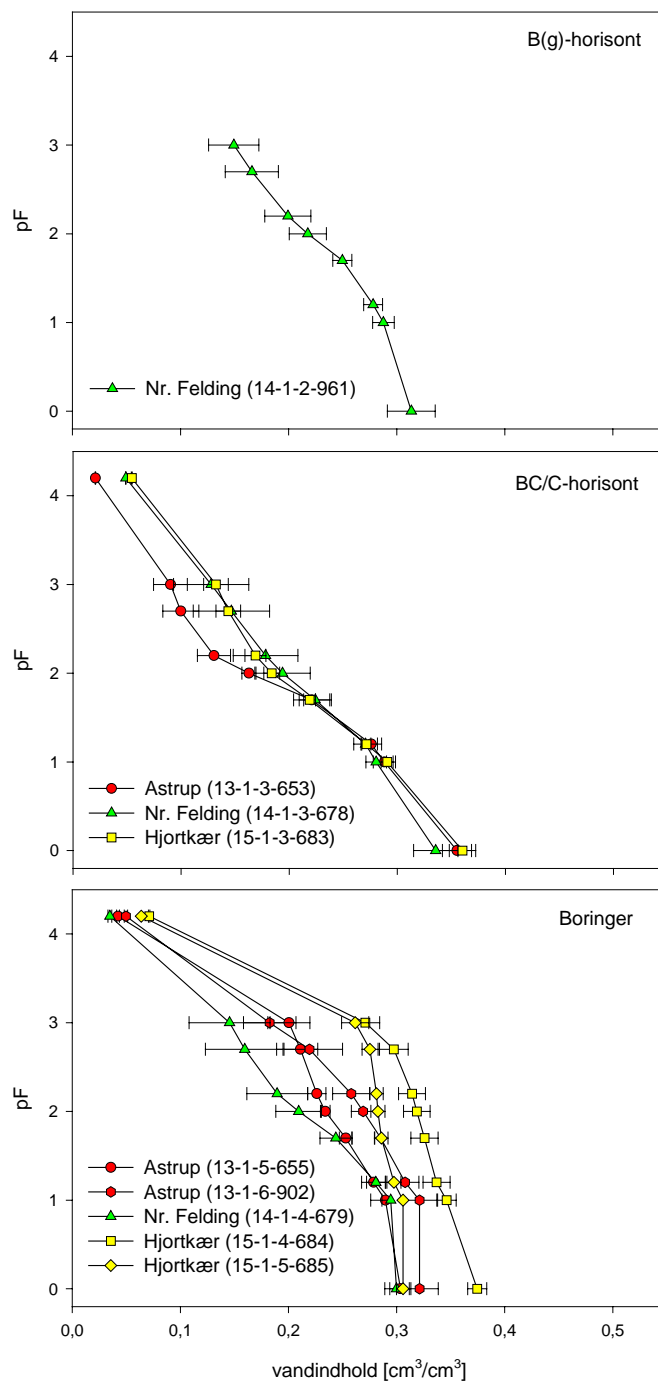
#### 3.4.4 Vandretention

Resultaterne for vandretention er vist på fig. 3.16. De tre horisonter (Ap, B og C) udviser et jævnt afdræningsforløb. De lave vandindhold ved lave pF-værdier for Ap-horisonten ved Nr. Felding stemmer overens med horisontens høje volumenvægt og dermed lavere porøsitet. B-horisonten ved Nr. Felding afdrænes kraftigere end de to andre lokaliteter, hvilket stemmer overens med, at denne horisont har et høj indhold af sand og et lavt indhold af ler og silt sammenlignet med den samme horisont ved de to andre lokaliteter. Det høje lerindhold i borerne giver sig udslag i høje vandholdningskapaciteter, hvor jorden udviser en høj vandholdningskapacitet indtil pF 3, hvorefter der ses en kraftigere afdræning.



**Figur 3.16.** Data for vandretention målt på intakte 100-cm<sup>3</sup> prøver (n = 5). Fejllinjerne viser ±1 standardafvigelse

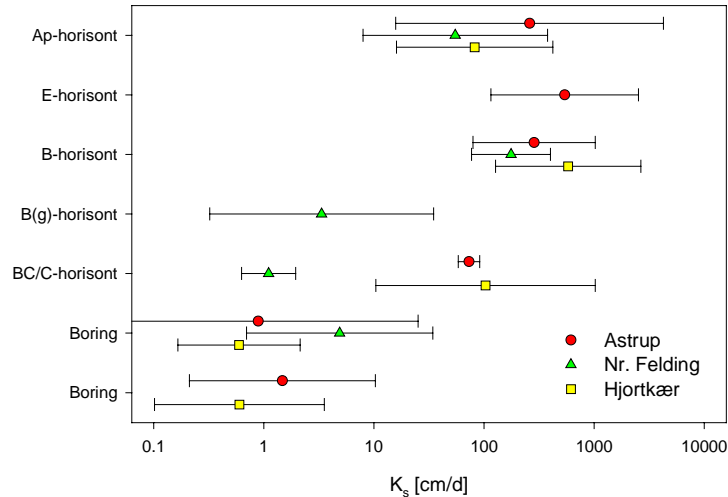
Figur 3.16. fortsat..



### 3.4.5 Mættet hydraulisk ledningsevne

Fig. 3.17 viser værdierne for jordens mættede hydrauliske ledningsevne målt ned gennem profilet. Med undtagelse af B(g)- og C-horisonten ved Nr. Felding er der en tydelig forskel i den mættede hydrauliske ledningsevne mellem de mere sandede horisonter i profilet (Ap-, B- og til dels C-horisonten) og de mere lerede boringer. På trods af en ringe forskel i tekstur

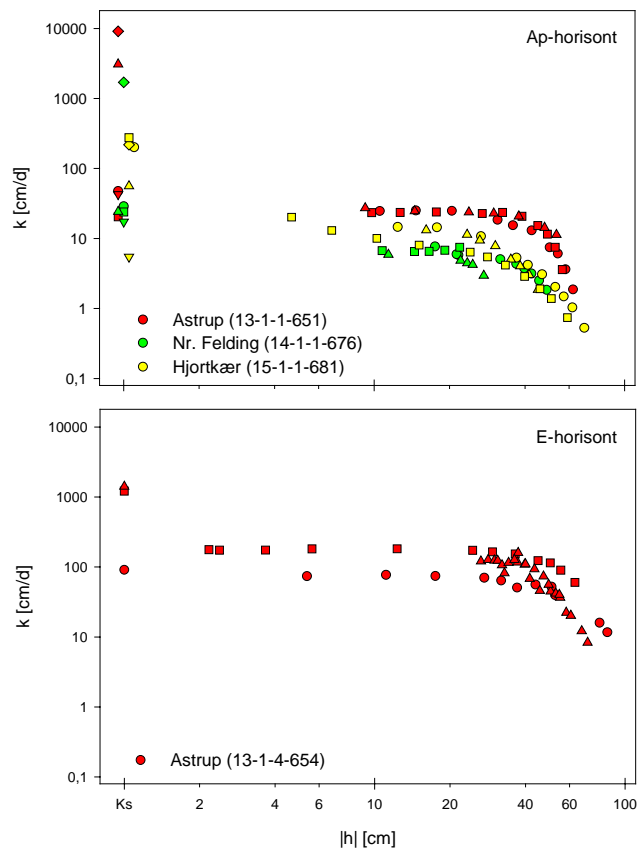
og volumenvægt mellem C-horisonten ved Nr. Felding og de tilsvarende horisonter ved de to andre lokaliteter adskiller horisonten ved Nr. Felding sig markant fra de øvrige horisonter ved at have markant lave værdier. Dette skyldes muligvis, at prøverne er taget meget tæt på den siltede B(g) horisont og derfor kan indeholde rester af denne.



**Figur 3.17.** Mættet hydraulisk ledningsevne ( $K_s$ ,  $n = 5$ ) målt på store kolonner med undtagelse af C-horisonten ved Astrup, B(g)-horisonten ved Nr. Felding samt boringerne for samtlige lokaliteter, hvor  $K_s$  blev målt på små  $100 \text{ cm}^3$  retentionsringe. Fejllinjerne viser  $\pm 1$  standardafvigelse.

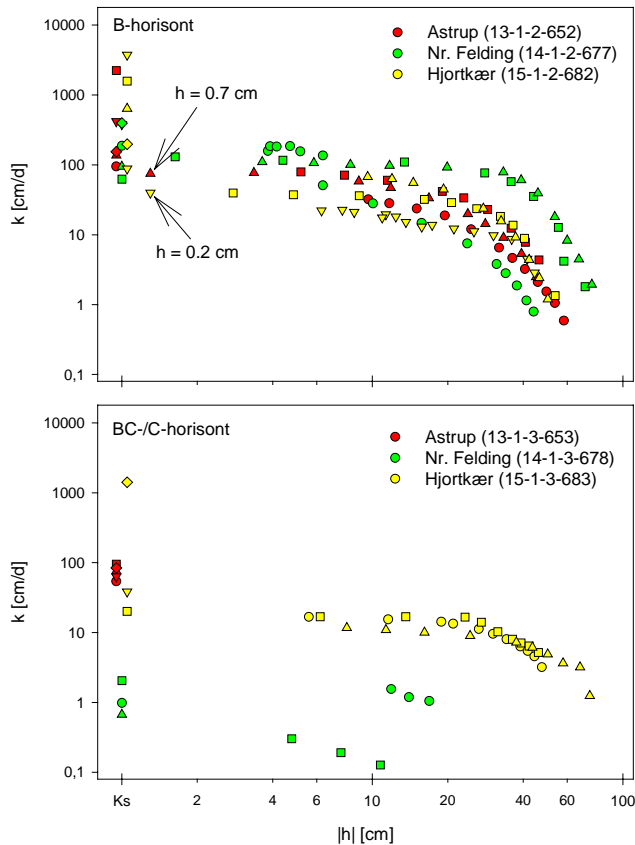
### 3.4.6 Umættet hydraulisk ledningsevne

Resultaterne af målingerne af den umættede hydrauliske ledningsevne er vist på fig. 3.18. Enkeltmålingerne er her plottet og sammenlignet med enkeltmålingerne af den mættede hydrauliske ledningsevne. Der blev ikke målt umættet ledningsevne i C-horisonten ved Astrup, da der ikke blev udtaget store kolonner i denne horisont. Generelt er der en god sammenhæng mellem de enkelte horisonter for de tre lokaliteter. Kun C-horisonten ved Nr. Felding skiller sig markant ud med sine lave værdier. For nogle af enkeltmålingerne ses en markant forskel mellem nær-mættet og mættet hydraulisk ledningsevne. Dette er et tegn på, at vandstrømningen i disse prøver i mættet tilstand i høj grad foregår ved præferentiel strømning gennem jordens makroporer.



**Figur 3.18.** Enkeltmålinger af mættet ( $K_s$ ) og umættet ( $k(h)$ ) hydraulisk ledningsevne. Alle målinger er udført på store kolonner med undtagelse af  $K_s$ -målingerne i C-horizonten ved Astrup, der blev målt på  $100 \text{ cm}^3$  retentionsringe. Forskellige symboler viser målingerne på hver enkelt kolonne.

**Figur 3.18.** fortsat...



### 3.4.7 Anvendelighed af hydrauliske data

De hydrauliske datas anvendelighed og usikkerhed er i høj grad relateret til det udtagne jordvolumens repræsentativitet for jordtypen. Målinger af vandretention er den hydrauliske måling, der er mindst følsom overfor prøvestørrelsen. For målinger af den umættede og mættede hydrauliske ledningsevne stiger betydningen af prøvestørrelsen. Målinger af den mættede hydrauliske ledningsevne er den måling, der er mest følsom overfor den valgte prøvestørrelse, da denne måling indbefatter målinger på det totale udsnit af jordens porer og dermed også indbefatter jordens største porer. Såfremt den valgte prøvestørrelse er for lille stiger usikkerheden for, at prøven ikke indeholder et repræsentativt udsnit af jordens porer. Sandede jorde har dog generelt en ringe struktur og dermed et ringe indhold af store porer (makroporer). Derfor må det antages, at de anvendte prøvestørrelser i forbindelse med målingerne på morænesand på bakkeøerne har været repræsentative for jordtypen.

Vandretentionsmålingerne dækker området fra fuld mætning til planternes visnegrænse ( $pF$  4,2). Målinger af den mættede og umættede hydrauliske ledningsevne dækker det nærmættede områder fra fuldmætning til ca.  $pF$  2 (100 cm vandsøjle), der er det område, hvor dynamikken i den hydrauliske ledningsevne er størst.

## 3.5 Mikrobiologi

Finn P. Vinther (DJF), Lars Elsgaard (DJF), Ulla Catrine Brinch (GEUS) og Carsten Suhr Jacobsen (GEUS)

På prøver fra de tre lokaliteter - Astrup, Nr. Felding ms og Hjortkær ms (tabel 3.11) - er der gennemført målinger af mikrobiologiske parametre. Substrat induceret respiration (SIR), der giver et udtryk for den let tilgængelige biomasse samt den heraf afledte parameter mikrobiel biomasse kulstof (mb-C) giver et udtryk for den samlede mikrobielle biomasse i jorden. Der er endvidere bestemt antal dyrkbare bakterier på to agarmedier. Dels er de talt på mediet 1/300 TSA der giver gode vækstvilkår for en bred vifte af forskellige bakterier. Dels er bakterier talt på Goulds S1, der kun giver gode vækstforhold for bakterier der hører til *Pseudomonas* sp. bakterier, hvilket er en gruppe af bakterier med et bredt substratvalg, herunder mange pesticider. Disse fire mål er forskellige udtryk for den potentielle mikrobielle aktivitet. Derudover er der bestemt mikrobiel aktivitet med to forskellige metoder; ved måling af hydrolyse af fluorescein diacetat (FDA) og specifik mikrobiel aktivitet i form af aarylsulfatase aktivitet (ASA). Endelig er der opnået et udtryk for hvor mange forskellige stoffer den samlede mikrobielle population kan omsætte (funktionel diversitet) ved hjælp af et kommercielt testkit (Biolog).

**Tabel 3.11.** Undersøgte prøver fra Astrup, Nr. Felding ms og Hjortkær ms

Dybde	Astrup			Nr. Felding ms			Hjortkær ms		
		Cm	Prøvenr.		Cm	Prøvenr.		Cm	Prøvenr.
Dybde 1	Ap	13-23	13-1-1-651	Ap	5-25	14-1-1-676	Ap	2-22	15-1-1-681
Dybde 2	Bhs	54-74	13-1-2-652	Bs	42-62	14-1-2-677	Bvs	30-50	15-1-2-682
Dybde 3	C	85-105	13-1-3-653	2BC	120-140	14-1-3-678	BC (g)	60	15-1-3-683
Dybde 4	C	90-110	<b>13-1-4-654</b>	C	90-140	14-1-4-679	C	150	15-1-4-684
Dybde 5	C	150-200	13-1-5-655	C	180-230	14-1-5-680		300	15-1-5-685
Dybde 6		250-300	13-1-6-902						

### 3.5.1 Mikrobiel biomasse

Den substrat inducerede respiration blev på de tre lokaliteter målt til 4-6  $\mu\text{L CO}_2 \text{ g}^{-1}$  tør jord  $\text{t}^{-1}$  i Ap-horisonten med signifikant højere respiration i Ajstrup end i de to andre lokaliteter (tabel 3.12-I). Antallet af dyrkbare bakterier adskiller ikke Ajstrup fra de to andre lokaliteter. Endvidere finder vi, at den mikrobielle aktivitet er betydeligt lavere i B- og C-horisonterne end i Ap-horisonten. Mikrobiel biomasse C (tabel 3.12-II), dyrkbare bakterier på 1/300 TSA (tabel 3.12-III) samt dyrkbare *Pseudomonas* sp. bakterier ( tabel 3.12-IV) aftager også med dybden.

**Tabel 3.12.** Mikrobiel biomasse: Substrat induceret respiration (I), beregnet mikrobiel biomasse kulstof (II), dyrkbare bakterier på 1/300 TSA (III) samt dyrkbare *Pseudomonas* sp. (IV) i profilerne i Astrup, Nr. Felding ms og Hjortkær ms.

I	$\mu\text{L CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ tør jord t}^{-1}$					
	Astrup		Nr. Felding ms		Hjortkær ms	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	5,4	1,6	nd	Nd	9,0	2,3
Dybde 2	0,8	0,1	<0,5	-	0,6	0,1
Dybde 3	<0,5	-	<0,5	-	<0,5	-
Dybde 4	<0,5	-	<0,5	-	nd	Nd
Dybde 5	<0,5	-	<0,5	-	nd	Nd
Dybde 6	<0,5	-	nd	Nd	nd	Nd

II	Biomasse C, $\mu\text{g g}^{-1} \text{ tør jord}$					
	Astrup		Nr. Felding ms		Hjortkær ms	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	233	66	nd	Nd	381	93
Dybde 2	46	5	<30	-	38	4
Dybde 3	<30	-	<30	-	<30	-
Dybde 4	<30	-	<30	-	nd	Nd
Dybde 5	<30	-	<30	-	nd	Nd
Dybde 6	<30	-	nd	Nd	nd	Nd

III	Dyrkbare bakterier på (1/300 TSA) $\text{g}^{-1} \text{ tør jord}$					
	Astrup		Nr. Felding ms		Hjortkær ms	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	$6,3 \times 10^6$	$2,2 \times 10^6$	$6,5 \times 10^6$	$2,3 \times 10^6$	-	-
Dybde 2	$1,9 \times 10^6$	$4,1 \times 10^5$	$8,6 \times 10^5$	$1,3 \times 10^5$	-	-
Dybde 3	$5,1 \times 10^5$	$1,6 \times 10^5$	$4,7 \times 10^4$	$2,6 \times 10^4$	-	-
Dybde 4	-	-	$1,4 \times 10^6$	$4,1 \times 10^5$	$3,6 \times 10^3$	$2,0 \times 10^3$
Dybde 5	$5,6 \times 10^2$	$9,3 \times 10^2$	$1,4 \times 10^6$	$3,4 \times 10^5$	$5,2 \times 10^5$	$3,5 \times 10^5$
Dybde 6	$4,4 \times 10^3$	$2,2 \times 10^3$	-	-	-	-

IV	<i>Pseudomonas</i> sp. Bakterier (Goulds S1) $\text{g}^{-1} \text{ tør jord}$					
	Astrup		Nr. Felding ms		Hjortkær ms	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	gns	Std
Dybde 1	$2,9 \times 10^5$	$5,3 \times 10^4$	$9,4 \times 10^4$	$1,0 \times 10^4$	-	-
Dybde 2	$2,8 \times 10^4$	$6,1 \times 10^3$	$2,6 \times 10^2$	$6,3 \times 10^1$	-	-
Dybde 3	$7,5 \times 10^2$	$3,4 \times 10^2$	<100	-	-	-
Dybde 4	-	-	<100	-	<100	-
Dybde 5	<100	-	<100	-	$2,7 \times 10^2$	$1,8 \times 10^2$
Dybde 6	<100	-	-	-	-	-

Den mikrobielle aktivitet bestemt som måling af FDA blev i Ap-horisonterne målt til 48-59  $\mu\text{g}$  fluorescein  $\text{g}^{-1} \text{ tør jord t}^{-1}$ . Der er ingen signifikante forskelle mellem de to lokaliteter Astrup og Hjortkær (tabel 3.13). Derimod er aktiviteten i B-horisonten signifikant lavere i Nr. Felding end i Astrup og Hjortkær lokaliteten, og generelt betydeligt lavere (<0,5-11  $\mu\text{g}$  fluorescein  $\text{g}^{-1} \text{ tør jord t}^{-1}$ ) i de dybere jordlag end i Ap-horisonten.



**Tabel 3.13.** Hydrolyse af fluorescein diacetat i profiler i Astrup, Nr. Felding og Hjortkær.

Dybde	$\mu\text{g fluorescein g}^{-1} \text{ tør jord t}^{-1}$					
	Astrup		Nr. Felding		Hjortkær	
	Gns	std	gns	Std	Gns	std
Dybde 1	48,3	11,7	nd	Nd	59,4	1,9
Dybde 2	11,4	6,0	0,5	0,2	9,6	0,3
Dybde 3	<0,5	-	<0,5	-	<0,5	-
Dybde 4	<0,5	-	<0,5	-	nd	nd
Dybde 5	0,7	1,0	nd	Nd	nd	nd
Dybde 6	<0,5	-	nd	Nd	nd	nd

Mikrobiel aktivitet bestemt som ASA varierer i Ap-horisonten på de tre lokaliteter mellem 14 og 22  $\mu\text{g NP g}^{-1} \text{ tør jord t}^{-1}$  med signifikant højest aktivitet i Hjortkær og mellem <0.5 og 3.8  $\mu\text{g NP g}^{-1} \text{ tør jord t}^{-1}$  i de dybere jordlag (tabel 3.14).

**Tabel 3.14.** Arylsulfatase aktivitet i profilerne i Astrup, Nr. Felding og Hjortkær.

Dybde	$\mu\text{g NP g}^{-1} \text{ tør jord t}^{-1}$					
	Astrup		Nr. Felding		Hjortkær	
	Gns	std	Gns	Std	Gns	std
Dybde 1	14,1	3,2	17,7	0,4	22,3	0,3
Dybde 2	0,7	0,6	<0,5	-	3,8	0,2
Dybde 2	<0,5	-	<0,5	-	<0,5	-
Dybde 4	<0,5	-	<0,5	-	nd	nd
Dybde 5	<0,5	-	<0,5	-	nd	nd
Dybde 6	<0,5	-	nd	Nd	nd	nd

### 3.5.2 Mikrobiel diversitet

Undersøgelser af bakteriepopulationernes metaboliske egenskaber er foretaget vha. Biolog Ecoplates, som indeholder 31 forskellige C-kilder, og på basis heraf er index med relation til den funktionelle diversitet beregnet. Index er beregnet for analyser, hvor Ecopladernes gennemsnitlige farveudvikling (AWCD) overstiger en nedre grænse på 0,1. På basis af de beregnede index er eventuelle forskelle i bakterie-populationernes evne til at udnytte de forskellige substrater vurderet (tabel. 3.13).

Resultaterne af disse undersøgelser antyder, at evnen til at udnytte forskellige substrater (Richness) er tilsvarende i Astrup og Nr. Felding (tabel 3.15). Samtidig udnytter populationerne i de dybere jordlag lidt færre substrater end populationerne i Ap-horisonten. Der synes ikke at være væsentlige forskelle mellem de to lokaliteter mht. funktionel diversitet (J') (tabel 3.15), men tendens til aftagende diversitet med dybden.

**Tabel 3.15.** Gennemsnitlig farveudvikling (I), richness (II) og funktionel diversitet (III) i profilerne i Astrup, Nr. Felding og Hjortkær. Richness (S) = substratudnyttelsen (maks. 31). Relativt diversitets indeks (J') = Shannon-Weaver diversitetsindeks i forhold til maks. diversitets indeks på 3,43.

I	Gennemsnitlig farveudvikling (AWCD)					
	Astrup		Nr. Felding		Hjortkær	
Dybde	Gns	std	Gns	Std	gns	Std
Dybde 1	0,98	0,05	nd	Nd	nd	Nd
Dybde 2	0,44	0,01	0,64	0,02	nd	Nd
Dybde 3	0,29	0,05	0,12	0,00	nd	Nd

II	Richness (S)					
	Astrup		Nr. Felding		Hjortkær	
Dybde	Gns	std	Gns	Std	gns	Std
Dybde 1	30,0	0,0	nd	Nd	nd	Nd
Dybde 2	22,3	1,2	23,3	0,6	nd	Nd
Dybde 3	23,7	2,3	22,7	0,6	nd	Nd

III	Relativt diversitets indeks (J')					
	Astrup		Nr. Felding		Hjortkær	
Dybde	Gns	std	Gns	Std	gns	Std
Dybde 1	0,94	0,01	nd	Nd	nd	Nd
Dybde 2	0,84	0,01	0,86	0,00	nd	Nd
Dybde 3	0,94	0,01	0,83	0,01	nd	Nd

### 3.5.3 Sammenfatning

Den mikrobielle biomasse og aktivitet aftager væsentligt med dybden og er generelt en størrelsesorden lavere i B- og C-horisonterne end i Ap-horisonten. Tilsvarende falder antallet af dyrkbare bakterier på såvel det generelle medie som det specifikke *Pseudomonas* sp. medie (tabel 3.12 - tabel 3.14). Målinger af substratudnyttelse med Biolog Ecoplates (Richness) antyder, at bakteriepopulationer i de dybere jordlag kan udnytte lidt færre substrater end populationerne i Ap-horisonten (tabel 3.15).

Sammenlignes de tre lokaliteter er der tendens til at Hjortkær udviser lidt højere mikrobiel aktivitet end de to øvrige lokaliteter. Dog er forskellen mellem de tre lokaliteter begrænset.

## 3.6 Pesticidspecifikke parametre

Carsten Suhr Jacobsen (GEUS), Jim Rasmussen (GEUS), Ulla Catrine Brinch (GEUS) og René K. Juhler (GEUS)

På prøver fra de tre lokaliteter - Astrup, Nr. Felding ms og Hjortkær ms (tabel 3.16) - er der gennemført undersøgelser af pesticid specifikke parametre:

- Kd-værdien, der er et udtryk for hvor stærkt pesticidet bindes til jorden, jo højere Kd-værdi des mindre pesticid, er der tilstede i jordvæsken.
- M64d – hvor meget af det <sup>14</sup>C (tilsat som pesticid), der er genfundet som <sup>14</sup>C-CO<sub>2</sub> efter 64 dage. Jo højere M64d værdi des mere af det tilsatte pesticid er fuldstændigt nedbrudt (mineraliseret).
- DT50 – hvor mange dage det tager, før 50% af det tilsatte pesticid ikke kan genfindes.

**Tabel 3.16** Undersøgte prøver fra Astrup, Nr. Felding ms og Hjortkær ms.

Dybde	Astrup			Nr. Felding ms			Hjortkær ms		
		Cm	Prøvenr.		Cm	Prøvenr.		Cm	Prøvenr.
Dybde 1	Ap	13-23	13-1-1-651	Ap	5-25	14-1-1-676	Ap	2-22	15-1-1-681
Dybde 2	Bhs	54-74	13-1-2-652	Bs	42-62	14-1-2-677	Bvs	30-50	15-1-2-682
Dybde 3	C	85-105	13-1-3-653	2BC	120-140	14-1-3-678	BC (g)	60	15-1-3-683
Dybde 4	C	90-110	<del>13-1-4-654</del>	C	90-140	14-1-4-679	C	150	15-1-4-684
Dybde 5	C	150-200	13-1-5-655	C	180-230	14-1-5-680		300	15-1-5-685
Dybde 6		250-300	13-1-6-902						

### 3.6.1 Pesticides binding

Carsten Suhr Jacobsen (GEUS) og Ulla Catrine Brinch (GEUS)

Pesticidets binding til jordbestanddele måles som Kd værdien, bestemt som pesticidets fordelingskoefficient mellem den faste fase og jordvandet. Kd værdierne for MCPA, methyltriazinamin, metribuzin og glyphosat bestemt på Astrup, Nr. Felding ms og Hjortkær ms lokaliteterne er vist i tabel 3.17.

**Table 3.17.** Kd værdier for MCPA, methyltriazinamin, metribuzin og glyphosat bestemt på Astrup, Nr. Felding ms og Hjortkær ms lokaliteterne.

	Kd værdi MCPA					
	Astrup		Nr. Felding ms		Hjortkær ms	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	1,9	0,1	1,5	0,07	1,6	0,03
Dybde 2	1,8	0,02	0,29	0,003	0,59	0,01
Dybde 3	0,38	0,004	0,93	0,03	0,14	0,01
Dybde 4	0,45	0,03	0,58	0,01	7,4	0,14
Dybde 5	0,55	0,03	1,6	0,01	0,87	0,03
Dybde 6	0,66	0,01	-	-	-	-

	Kd værdi methyltriazinamin					
	Astrup		Nr. Felding ms		Hjortkær ms	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	5,1	1,4	138	9,1	10	0,88
Dybde 2	25	0,29	7,5	0,17	55	2,1
Dybde 3	110	4,8	3423	1295	25	1,4
Dybde 4	0,22	0,01	2299	837	4359	565
Dybde 5	4442	1302	11181	6828	1641	576
Dybde 6	2568	818	-	-	-	-

	Kd værdi Metribuzin					
	Astrup		Nr. Felding ms		Hjortkær ms	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	1,1	0,01	0,97	0,04	1,1	0,03
Dybde 2	0,19	0,01	0,06	0,01	0,12	0,01
Dybde 3	0,1	0,01	0,50	0,01	0,04	0,001
Dybde 4	0,03	0,01	0,27	0,01	4,4	0,1
Dybde 5	0,38	0,01	1,2	0,01	2,2	0,1
Dybde 6	0,47	0,01	-	-	-	-

	Kd værdi glyphosat					
	Astrup		Nr. Felding ms		Hjortkær ms	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	159	37	516	2,4	212	9,9
Dybde 2	2882	54	1540	87	2124	72
Dybde 3	1924	286	2633	110	809	30
Dybde 4	133	8,9	2251	242	3253	281
Dybde 5	2741	81	3162	379	2021	151
Dybde 6	3080	193	-	-	-	-

I forbindelse med registrering af de fire stoffers bindingsforhold til jord har vi i projektet anvendt radioaktive isotoper. Da radioaktive isotopers renhed aldrig kan være 100%, skal vi

gøre opmærksom på, at alle Kd værdier for metyltriazinamin og MCPA, der er under 0.1 og over 15 ikke er kvantitative. Tilsvarende er alle Kd værdier under 0,1 og over 7 for metribuzin samt under 0,1 og over 160 for glyphosat ikke kvantitative. Disse værdier anvendes derfor ikke ved yderligere modellering i projektet, men er medtaget her med angivelse af statistisk usikkerhed, fordi de alligevel giver en nyttig information om variationen i stoffernes eller deres metabolitters bindingsforhold.

MCPA bindes generelt svagt. Stoffet bindes stærkest i overjorden med Kd værdier mellem 1,5 (Nr. Felding ms) og 1,9 (Hjortkær ms). MCPA's sorption falder med dybden.

Methyltriazinamin bindes stærkt for alle profiler, med mange Kd værdier er over 100. Dog er sorption i dybde 4 Astrup lav, mens dybde 1 Astrup, dybde 2 Nr. Felding ms og dybde 1, 2, 3 Hjortkær ms alle ligger i mellemniveauet.

Metribuzins bindingsmønster minder om MCPA med en generel lav binding, der er faldende med dybden. Dog er der i dybde 5 Nr. Felding ms samt dybde 4 og 5 Hjortkær ms en sorption på samme niveau som observeres i overjordsprøver. Kd værdier for overjord ligger omkring 1, mens underjordene varierer mellem 0,03 (Dybde 4 Astrup) og 4,38 (Dybde 4 Hjortkær ms).

Glyphosat bindes stærkt til alle jorde, med en tendens til stigende sorption med dybden. Den højeste Kd værdi er på 3253 i dybde 4 fra Hjortkær ms.

Generelt viser Bakkeø ms det forventede billede med høj sorption for stofferne glyphosat og metyltriazinamin, og lav sorption for MCPA og metribuzin.

### 3.6.2 Pesticiders mineralisering

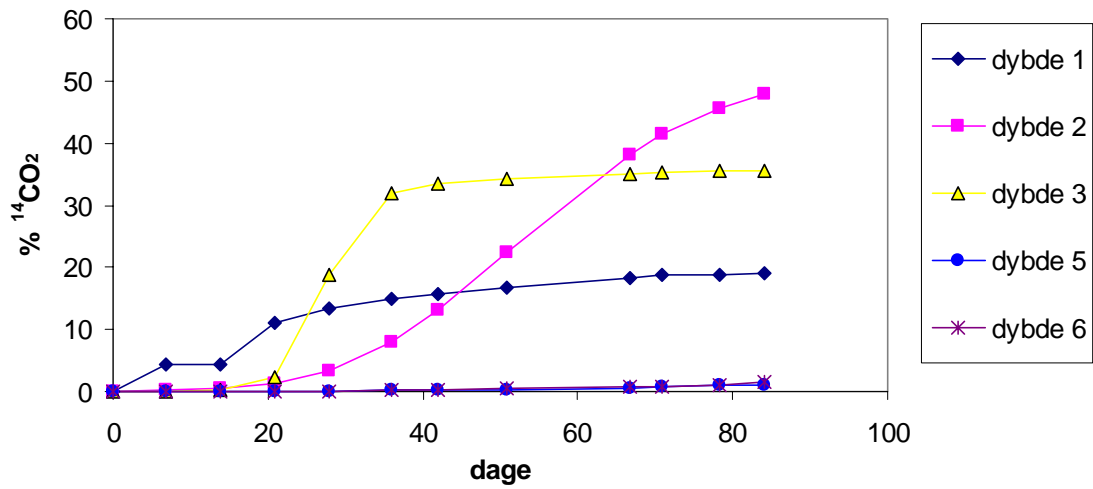
Carsten Suhr Jacobsen (GEUS), Jim Rasmussen (GEUS) og Ulla Catrine Brinch (GEUS)

I tabel 3.18. er der opgivet 64 dages akkumuleret mineralisering, der er udtryk for hvor meget af det tilsatte  $^{14}\text{C}$ -pesticid, der er fuldstændigt omdannet til  $^{14}\text{CO}_2$  på 64 dage.

På fig. 3.19 - 3.22 er vist eksempler på typiske forløb for mineraliseringen af MCPA, metyltriazinamin, glyphosat og metribuzin. MCPA's mineralisering er typisk vækstrelateret hvilket i dybde 1 fører til et sigmoidt kurveforløb. Methyltriazinamin, glyphosat og metribuzin mineraliseres derimod typisk med et forløb, der minder om en ret linie.

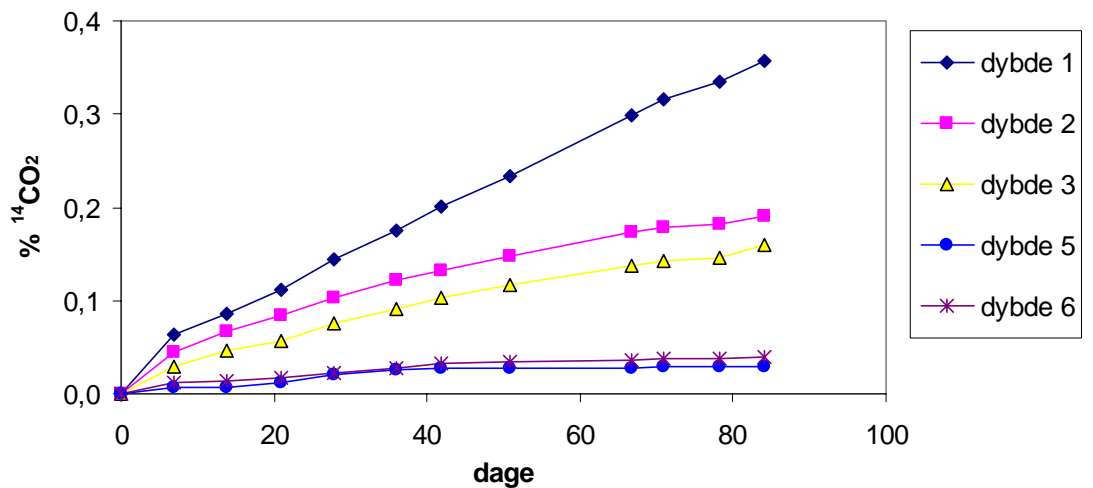
I forbindelse med registrering af de fire stoffers mineraliseringsforhold har vi i projektet anvendt radioaktive isotoper. Da radioaktive isotopers renhed aldrig kan være 100%, skal vi gøre opmærksom på, at alle M64 værdier, der er akkumuleret til under 1,6 % ikke er kvantitative. Disse data anvendes derfor ikke ved yderligere modellering i projektet, men er medtaget her, fordi de alligevel giver en nyttig information om variationen i stoffernes eller deres metabolitters mineralisering.

### MCPA fuld profil Astrup

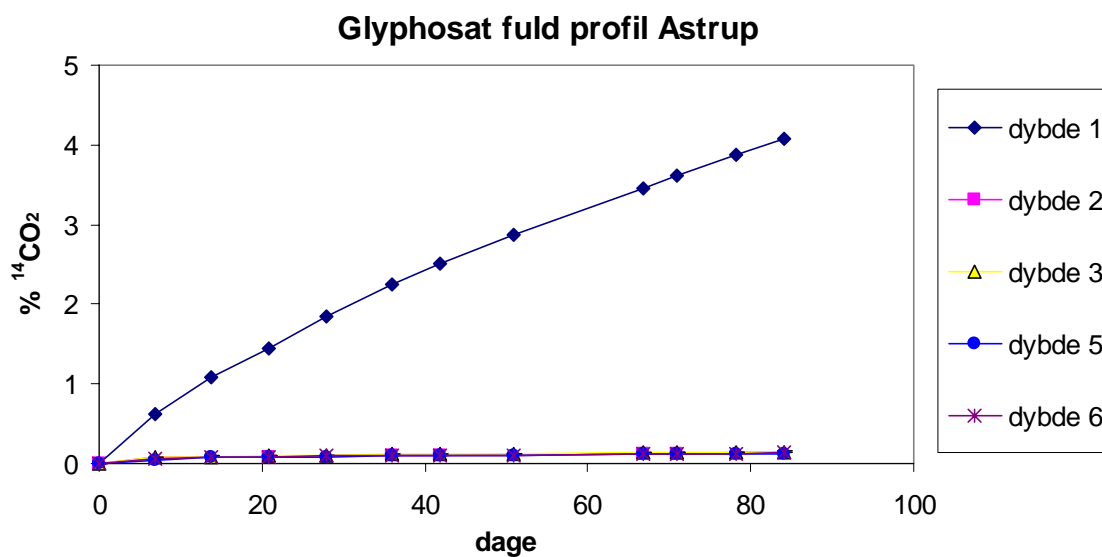


Figur 3.19. Akkumuleret MCPA mineralisering i fem dybder fra lokalitetsnr. 284 (Astrup)

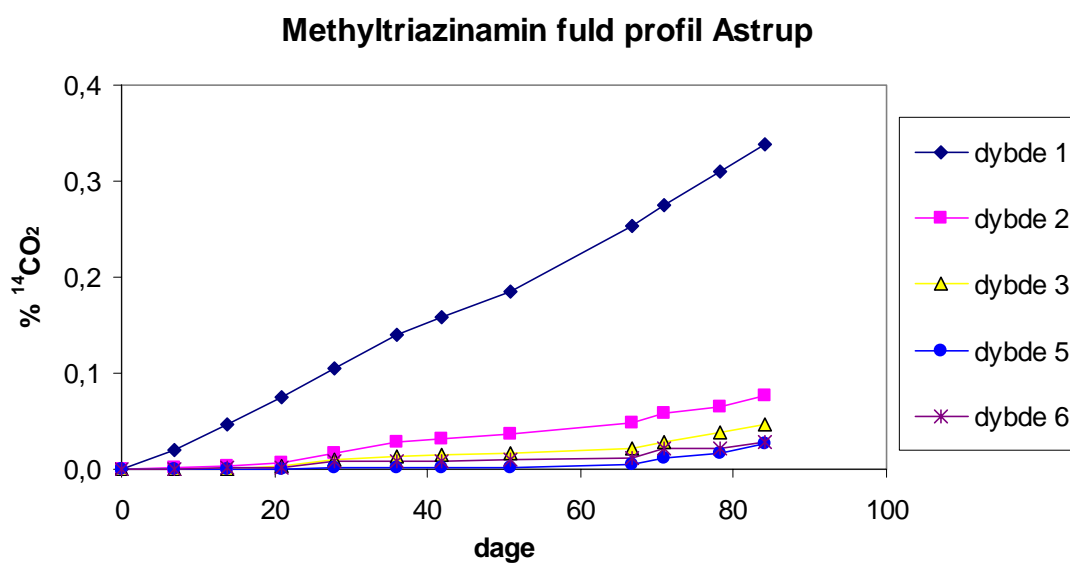
### Metribuzin fuld profil Astrup



Figur 3.20. Akkumuleret metribuzin mineralisering i fem dybder fra lokalitetsnr. 284 (Astrup)



**Figur 3.21.** Akkumuleret glyphosat mineralisering i fem dybder fra lokalitetsnr. 284 (Astrup)



**Figur 3.22.** Akkumuleret methyltriazinamin mineralisering i fem dybder fra lokalitetsnr. 284 (Astrup)

**Tabel 3.18.** Værdier for 64 dages akkumuleret mineralisering for MCPA, methyltriazinamin, metribuzin og glyphosat bestemt på Astrup, Nr. Felding ms og Hjortkær ms lokaliteterne.

	M64d værdi MCPA		
	Astrup	Nr. Felding ms	Hjortkær ms
Dybde	Gns	Gns	Gns
Dybde 1	18,3	28,4	34,8
Dybde 2	38,1	36,7	34,4
Dybde 3	35,0	0,2	1,1
Dybde 4	-	0,4	0,4
Dybde 5	0,6	0,1	1,7
Dybde 6	0,8	-	-

	M64d værdi Methyltriazinamin		
	Astrup	Nr. Felding ms	Hjortkær ms
Dybde	Gns	Gns	Gns
Dybde 1	0,25	0,08	0,17
Dybde 2	0,05	0,13	0,05
Dybde 3	0,02	0,001	0,02
Dybde 4	-	0,003	0,03
Dybde 5	0,004	0,01	0,03
Dybde 6	0,01	-	-

	M64d værdi Metribuzin		
	Astrup	Nr. Felding ms	Hjortkær ms
Dybde	Gns	Gns	Gns
Dybde 1	0,30	0,34	0,51
Dybde 2	0,17	0,20	0,24
Dybde 3	0,14	0,03	0,11
Dybde 4	-	0,03	0,04
Dybde 5	0,03	0,03	0,13
Dybde 6	0,04	-	-

	M64d værdi glyphosat		
	Astrup	Nr. Felding ms	Hjortkær ms
Dybde	Gns	Gns	Gns
Dybde 1	3,5	2,2	14
Dybde 2	0,13	0,19	1,4
Dybde 3	0,13	0,16	0,30
Dybde 4	-	0,15	0,23
Dybde 5	0,11	0,14	3,1
Dybde 6	0,12	-	-



Mineraliseringen af MCPA forløber hurtigere og til et højere niveau end mineraliseringen af de andre stoffer. Mineraliseringen af alle stoffer er højest i overjorden, og forsvindende i underjorden med undtagelse af MCPA, hvor mineraliseringen er på niveau med overjorden i dybde 2 for alle tre lokaliteter og dybde 3 fra Astrup. Mineraliseringen af glyphosat forløber hurtigst i overjord, specielt i Hjortkær.

### 3.6.3 DT50 bestemmelse

René K. Juhler (GEUS)

Ved DT50 bestemmelserne er der gennemført analyse af hvor lang tid det tager før der kun kan genfindes 50% af det tilsatte pesticid. Bestemmelsen udføres ved en LC-MS/MS base-ret analyse af jordekstrakter. DT50 værdien tolkes som halveringstiden for pesticidets forsvinding. DT50 værdierne for MCPA, methyltriazinamin og metribuzin bestemt på Astrup, Nr. Felding ms og Hjortkær ms lokaliteterne er vist i tabel 3.19. For glyphosat er der ikke bestemt DT50 men data for mineralisering er etableret (se særligt afsnit).

**Tabel 3.19.** DT50 værdier for MCPA, methyltriazinamin og metribuzin bestemt på Astrup, Nr. Felding ms og Hjortkær ms lokaliteterne.

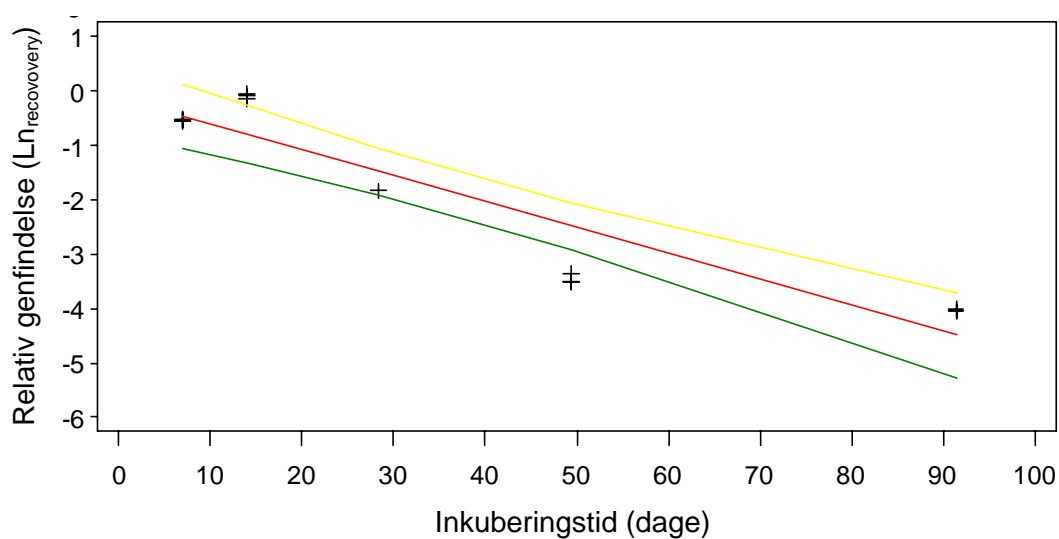
	DT50 værdi for MCPA		
	Astrup 13	Nr. Felding ms 14	Hjortkær ms 15
Dybde 1	30	6	4
Dybde 2	17	49	>
Dybde 3	15	-	-
Dybde 4	-	-	-
Dybde 5	-	-	-
Dybde 6	>	-	-

	DT50 værdi for Methyltriazinamin		
	Astrup	Nr. Felding ms	Hjortkær ms
Dybde 1	81	>	-
Dybde 2	94	162	-
Dybde 3	366	-	-
Dybde 4	-	-	-
Dybde 5	57	-	-
Dybde 6	45	-	-

	DT50 værdi for Metribuzin		
	Astrup	Nr. Felding ms	Hjortkær ms
Dybde 1	74	117	90
Dybde 2	105	423	152
Dybde 3	>	-	-
Dybde 4	-	-	-
Dybde 5	356	-	-
Dybde 6	407	-	-

Der er i enkelte tilfælde ekstrapoleret ud over det tidsinterval, som forsøget dækker. I ekstreme tilfælde (d.v.s. hvor der er ingen eller en næppe detekterbar forsvinding) er  $DT_{50}$  værdien angivet som ">".

Der ses en generel tendens til hurtigst forsvinding af MCPA i de undersøgte over- og underjorde. Det ses desuden at methyltriazinamin og Metribuzin i overjorde forsvinder langsommere end MCPA, og i underjordene er methyltriazinamin og metribuzin generelt stabile. Et eksempel på sammenhængen mellem inkuberingstiden og forsvindingen af stoffet MCPA kan ses i fig. 3.23.



**Figur 3.23.** Sammenhæng mellem inkuberingstid (t, dage) og forsvinding af MCPA i Astrup dybde 3 (målt som relativ genfindelse, logaritmeret). Den lineære regressionsligning og øvre og nedre grænse for 95% konfidensintervallet er angivet. Ud fra hældningen på regressionslinien kan  $DT_{50}$  beregnes ved  $DT_{50} = \ln(2)/k$  som i dette eksempel bliver 15 dage.

## 4. Resultater af markvariationsundersøgelser

I dette kapitel præsenteres resultater fra variabilitetsundersøgelserne på de marker, hvor de detaljerede profilundersøgelsen er foretaget, jf. kapitel 3. Variabilitetsundersøgelsen kan således bruges til vurdering af markens variabilitet for de målte parametre, herunder om resultaterne af profilundersøgelserne er repræsentative for markerne.

Der omtales spatiale geofysiske undersøgelser i form af EM38- og georadarmålinger, teksturanalyser, jordhydrauliske parametre, forskellige mikrobiologiske parametre, samt mineralisering og sorption for specifikke pesticider.

### 4.1 Geofysik

Dette afsnit omhandler de geofysiske undersøgelser på morænesandslokaliteterne på bakkøen. Til undersøgelserne er der anvendt to metoder: EM38 og georadar. EM38 instrumentet monteret i DJFs mobile opstilling er en hurtig og simpel geofysisk metode, som viser den gennemsnitlige elektriske ledningsevne i jorden, målt i et gennemsnit af den øverste 1,5 meter (Nehmdahl, 2000; Brevik & Fenton, 2000). Georadar viser primært sedimenternes lagdeling, hvis en sådan findes, og er dermed god til tolkning af det geologiske aflejringmiljø. For en mere detaljeret beskrivelse af metoderne henvises til KUPA rapport nr. 2, Metoderapport (Barlebo et al. 2002).

#### 4.1.1 EM38

Mogens Greve (DJF) og Søren Torp (DJF)

Kortlægning med EM38 sensoren udføres ved, at sensoren monteret på en kunststofslæde trækkes over arealet vha. en terrængående motorcykel. Der måles simultant med sensoren og et GPS-system og resultatet lagres i en computer, der er monteret på motorcyklen. Målefrekvensen er typisk en måling per sekund eller indstillet efter afstand. På arealet køres i parallelle linier med maksimalt 20 meters afstand. Der benyttes så vidt muligt eksisterende spor i afgrøderne. Afhængig af målefrekvensen og afstanden mellem køresporene registreres der således 60–200 målinger per hektar.

##### 4.1.1.1 Astrup

Resultater fra EM38-målingerne af Astrup markerne er vist på fig. 4.1. Det største område på forsøgsmarken (lyserød farve) viser måleværdier på 5–10 mSm/m. Mindre områder har værdierne 0–5 mSm/m. De røde områder har værdier på 10–15 mSm/m. Sidstnævnte værdier har for de nordligste punkters vedkomne sammenhæng med humusindholdet i lavtliggende dele af marken. Langs vejen kan kabler eller kompaktering forklare de højere værdier.



**Figur 4.1.** Værdierne fra de geofysiske målinger med EM38 sensoren ved Astrup. Figuren viser jordens elektriske ledningsevne i milliSiemens/m.

#### 4.1.1.2 Sammenfatning af EM38-målingerne på bakkeø morænesandslokaliteter

Mogens H. Greve (DJF)

I tabel 4.1 ses de statistiske parametre fra databehandlingen.

**Tabel 4.1.** Tabellen summerer resultaterne fra den geostatistiske modellering af alle EM38 kortlægningerne af morænesand på bakkeøen.

Lokalitet	Range	Sill	Nugget	Model
Astrup	280	10,1	0,7	Cirkular
Nr. Felding	110	17,9	0,1	Spherical
Hjortkær	162	38,1	1,9	Cirkular
Profillinie	120	1,18	0,2	Spherical

#### 4.1.2 Georadar

Ingelise Møller (GEUS)

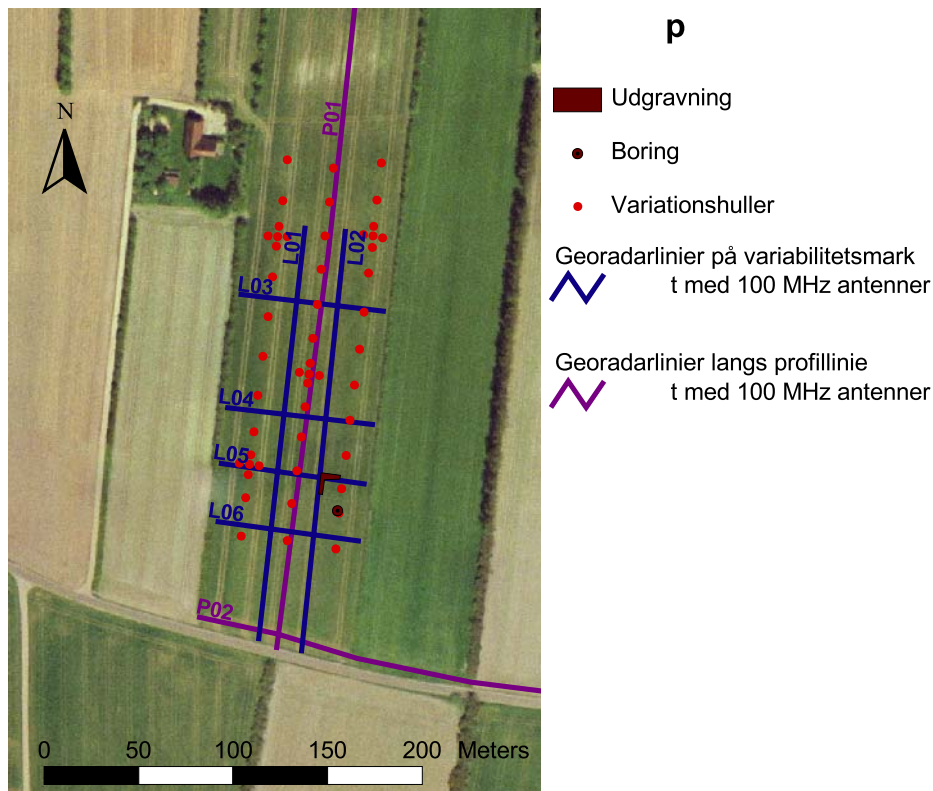
Der er udført georadarundersøgelser på alle tre undersøgelsesmarker i forbindelse med udpegningen af placeringen af fuldtprogramprofilet. Georadarkortlægningen er udført med et georadarsystem med antenner med centerfrekvens på 100 MHz.

Beskrivelse af georadarmetoden kan findes i KUPA rapport nr. 1 (Møller, 2001) og beskrivelse af måleprocedure og optageparametre findes i KUPA rapport nr. 2, Metoderapport (Barlebo et al. 2002). Processeringen af georadarprofilerne omfatter et dewow-filter, low-pass-filter og migration samt skalering, der kompenserer for geometrisk spredning og eksponentielt henfald af signal (SEG gain).

Georadardata præsenteres her grafisk. Data bruges kvalitativt og visuelt i en tolkning af geologiske strukturer. Tolkninger af lithologi baserer sig på penetrationsdybder og korrelation med lithologiske data fra udgravning og borerer.

#### 4.1.2.1 Astrup

Variabilitetsmarken er undersøgt med georadar i et groft net af linier, i alt 6 linier målt med et georadarsystem med antenner med centerfrekvens på 100 MHz (fig. 4.2). Desuden går profillinien georadarprofil gennem variabilitetsmarken.



**Figur 4.2.** Astrup variabilitetsmark. Udgravning, boring, variationshuller og georadarlinier er markeret.

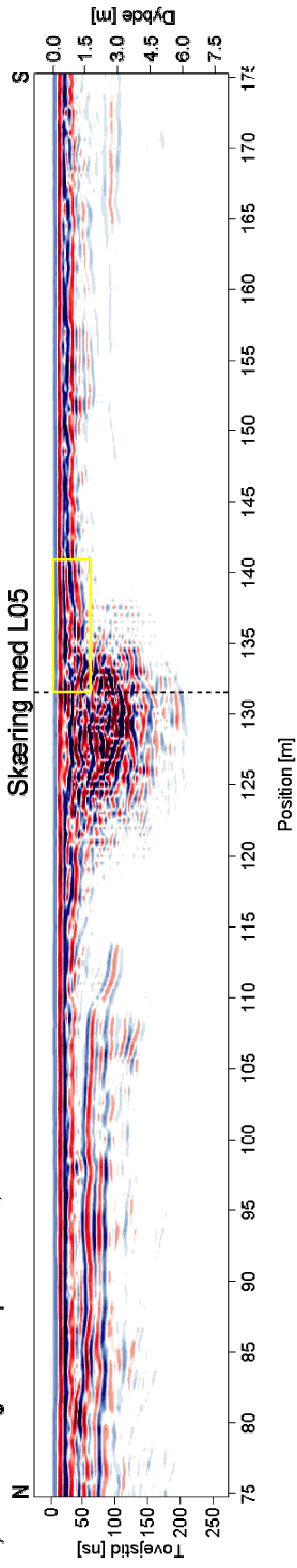
I fig. 4.3 vises udsnit af det N-S-orienterede georadarprofil L02 sammen med en stregtegning af profilet. Profilet domineres af horisontale til subhorisontale refleksioner, på nær i det centrale område omkring position 130 m, hvor refleksionerne med kraftigst amplitude viser antydninger af en kanal-agtig form. Refleksionerne i dette område er diskontinuerte, svagt hældende eller svagt ondulerende med mindre vertikal afstand mellem refleksionerne. Refleksionerne tættest på overfladen er subhorisontale og mere kontinuerte. Fig. 4.4 viser

georadarprofil L05, som er målt vinkelret på georadarprofil L02. Refleksionerne i profilets østlige halvdel har, som i det centrale område i georadarprofil L02, diskontinuerte svagt hældende eller svagt ondulerende refleksioner. En zone med refleksioner med kraftig amplitude danner en kanal-agtig form. Vest for denne kanal-agtige form er penetrationen ringe.

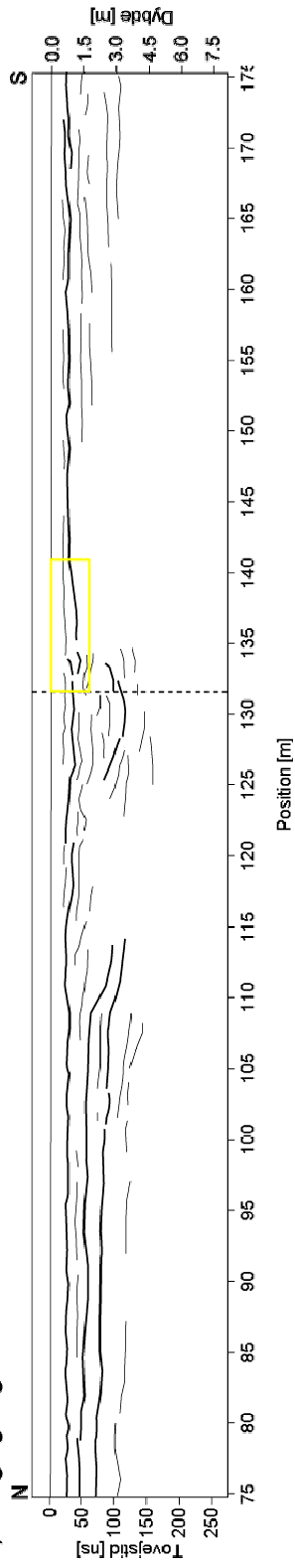
I de øvrige georadarprofiler ses primært refleksioner svarende til de horisontale til subhorisontale refleksioner, der ses i den nordlige del og sydlige del af udsnittet af georadarprofil L02 (fig. 4.3). Heraf er en subhorisontal refleksion i 75–100 ns (~ 2,2–3 m u. t.) kontinuert over strækninger på op til 100 m. I alle sydligt liggende georadarprofiler har disse refleksioner svagere amplitude. I de nordøstlige dele af marken ses der under de horisontale refleksioner hældende refleksioner med en tilsyneladende sydlig hældning. I dette område ligger penetrationsdybden på 150–250 ns (~ 4,5–7,5 m u. t.). I områderne med horisontale til subhorisontale refleksioner ligger penetrationsdybden generelt på 75–100 ns (~ 2,2–3 m u. t.), dog enkelte steder reduceres den til mindre end 50 ns (~ 1,5 m). I området med den kanal-agtige form stiger penetrationsdybden til 150–300 ns (~ 4,5–6 m u. t.).

### Astrup

a) Udsnit af georadarprofil L02, 100 MHz



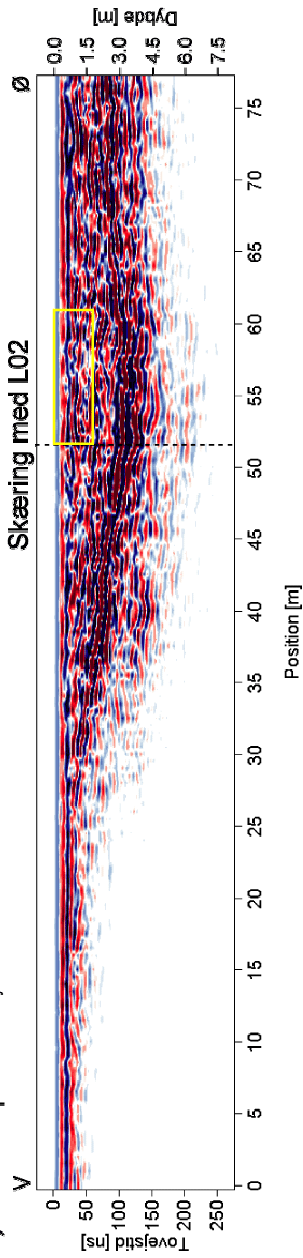
b) Stregtegning



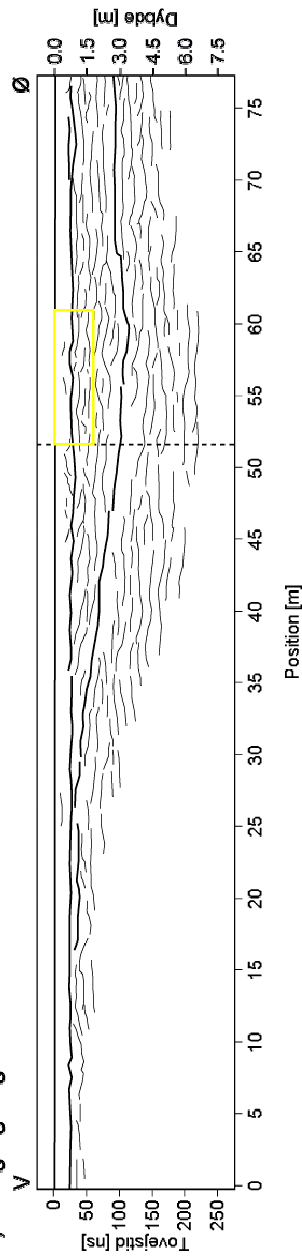
**Figur 4.3.** Nord-syd-orienteret georadarprofil. a) Udsnit af linie L02, målt med georadarsystem med antenner med centerfrekvens på 100 MHz. b) Stregtegning af profilet. Skæringspunktet med linie L05 i fig. 4.4 er markeret med den lodrette stiplede linie. De gule bokse markerer den omtrentlige placering af udgravningens profilvægge (fig. 3.3). Georadarprofilen er tid-dybde konverteret med en bølgebredelses-hastighed på 0,06 m/ns.

## Astrup

a) Georadarprofil L05, 100 MHz



b) Stregtegning



**Figur 4.4.** Øst-vest-orienteret georadarprofil. a) Linie L05, målt med georadarsystem med antenner med centerfrekvens på 100 MHz. b) Stregtegning af profilet. Skæringspunktet med linie L02 i fig. 4.3 er markeret med den lodrette stiplede linie. De gule bokse markerer den omtrentlige placering af udgravningens profilvægge (fig. 3.1). Georadarprofillet er tid-dybde konverteret med en bølgeudbredelseshastighed på 0,06 m/ns.



#### 4.1.2.2 Nr. Felding

Undersøgelsesmarken er dækket af et groft net af i alt 6 linier målt med et georadarsystem med antenner med centerfrekvens på 100 MHz (fig. 4.5).

I fig. 4.6 vises udsnit det nord-syd-orienterede georadarprofil L02 og det øst-vest-orienterede georadarprofil L06. Omkring position 435 m på linie L02 er udgravningen placeret. Georadarprofilerne domineres af horisontale til subhorisontale refleksioner med meget varierende kontinuitet. Der findes også områder hovedsageligt på georadarprofil L06 med svagt hældende refleksioner, hvoraf nogle danner kanal-agtige former. Refleksionerne, som ses i den vestlige del af georadarprofil L06 under 100 ns, skyldes ikke geologiske strukturer, men refleksioner, som går gennem luften, fra høje grantræer i læhegnet syd for linien. Penetrationsdybden ligger i georadarprofiludsnittene hovedsagelig på ca. 50 ns (~1,5 m), dog enkelte steder går den ned til 100 ns (~3 m).

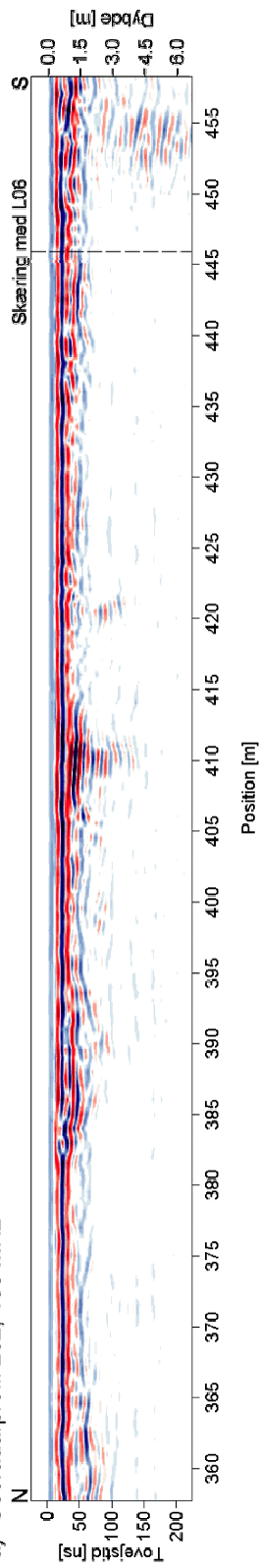


**Figur 4.5.** Nr.Felding undersøgelsesmark. Udgravning, boring og georadarlinier er markeret.

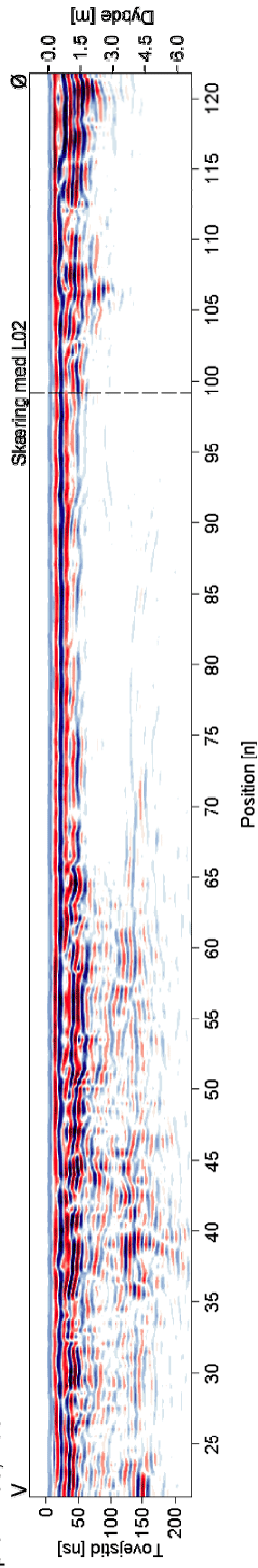
I de øvrige georadarprofiler har områder dækkende ca. halvdelen af profilerne samme type refleksionsmønstre som i fig. 4.6. De resterende områder har en forøget penetrationsdybde til 100–200 ns (~3–6 m). Også i disse områder består refleksionsmønsteret hovedsageligt af horisontale til subhorisontale refleksioner med stærkt varierende kontinuitet. Der er dog flere hældende refleksioner og refleksioner dannende kanal-agtige former specielt i de dybere dele af georadarprofilerne.

### Nr. Følding

a) Georadarprofil L02, 100 MHz



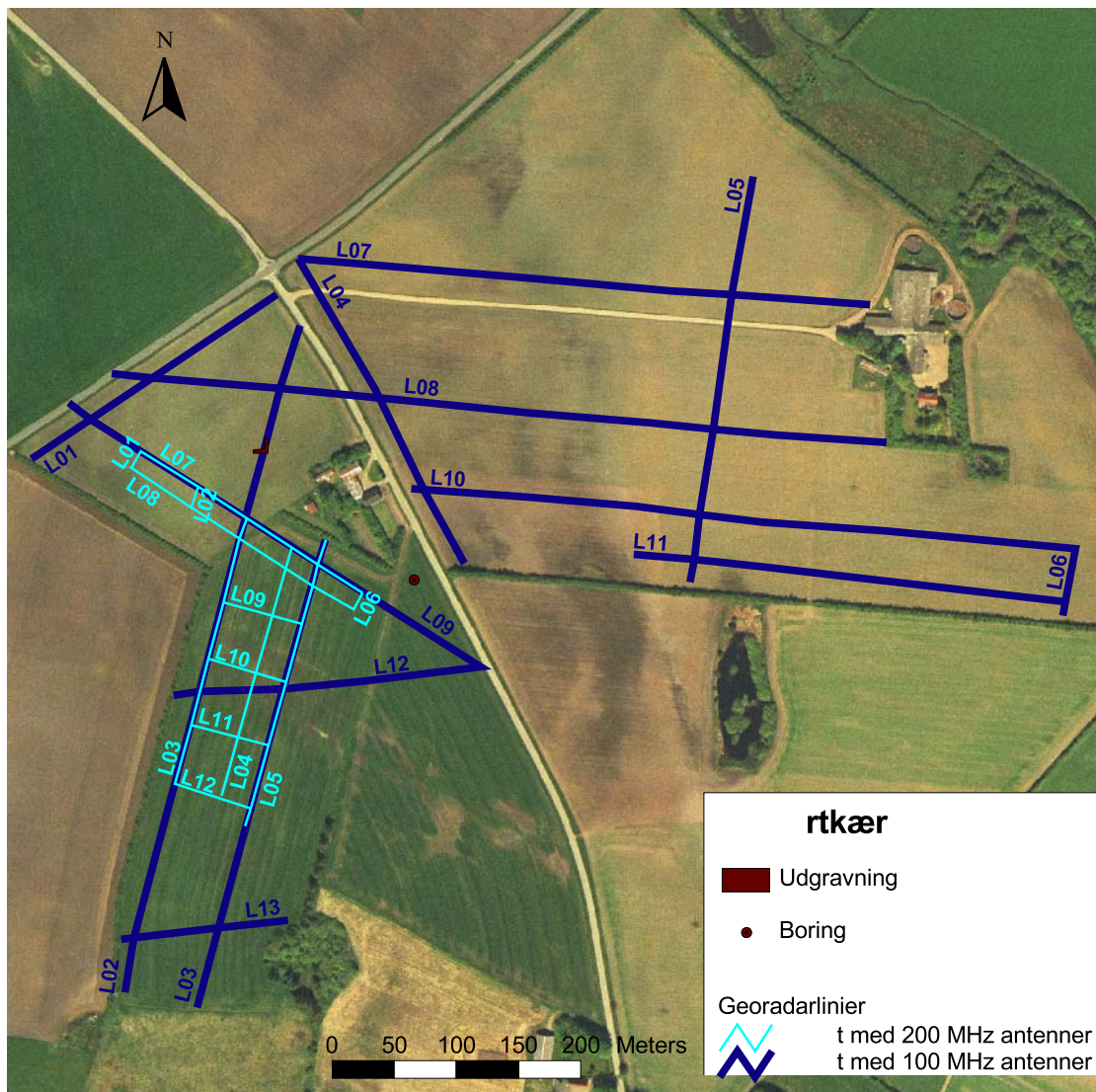
b) Georadarprofil L06, 100 MHz



**Figur 4.6.** Georadarprofiler. a) Udsnit af nord-syd-orienteret georadarprofil L02 og b) udsnit af øst-vest-orienteret georadarprofil L06, begge målt med georadarsystem med antenner med centerfrekvens på 100 MHz. De stiplede linier markerer, hvor georadarprofilerne skærer hinanden. Georadarprofilerne er tid-dybde konverteret med en bølgebreddehastighed på 0,06 m/ns.

#### 4.1.2.3 Hjortkær

Placeringen af georadarundersøgelserne på Hjortkær undersøgelsesmark er vist i fig. 4.7. Morænesandsaflejringerne er formodentlig primært beliggende på markerne vest for landevejen, derfor der det kun georadarprofilerne beliggende vest for landevejen, der behandles i denne rapport. Georadarprofilerne øst for landevejen omtales i KUPA rapport nr. 9. Undersøgelsesmarkerne både for morænesands- og smeltevandslokaliteterne er dækket af et groft net af i alt 13 linier målt med et georadarsystem med antenner med centerfrekvens på 100 MHz. Derudover er et område af en af markerne vest for landevejen med overvejende morænesandsaflejringer også dækket af et tættere net på 12 linier målt med et georadarsystem med antenner med centerfrekvens på 200 MHz.



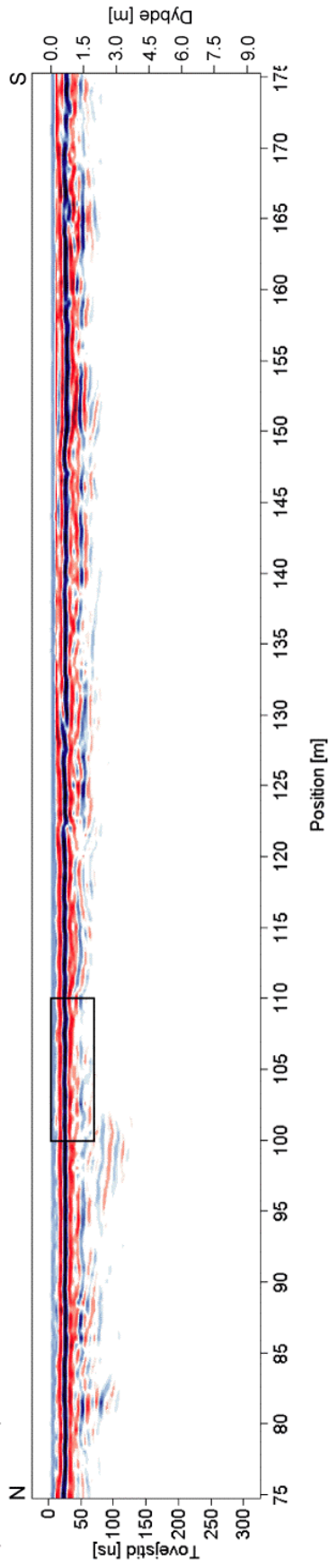
Figur 4.7. Hjortkær undersøgelsesmark. Udgravning, boring og georadarlinier er markeret.

De øvrige georadarprofiler på de vestlige marker, hvor man overvejende finder morænesandsaflejringerne, har tilsvarende refleksionsmønstre og skift mellem områder med lille penetrationsdybde (50–75 ns) til områder med relativ større penetrationsdybde (150–200 ns). Områderne med relativ stor penetrationsdybde befinder sig i de nordlige og centrale dele af de vestlige marker.

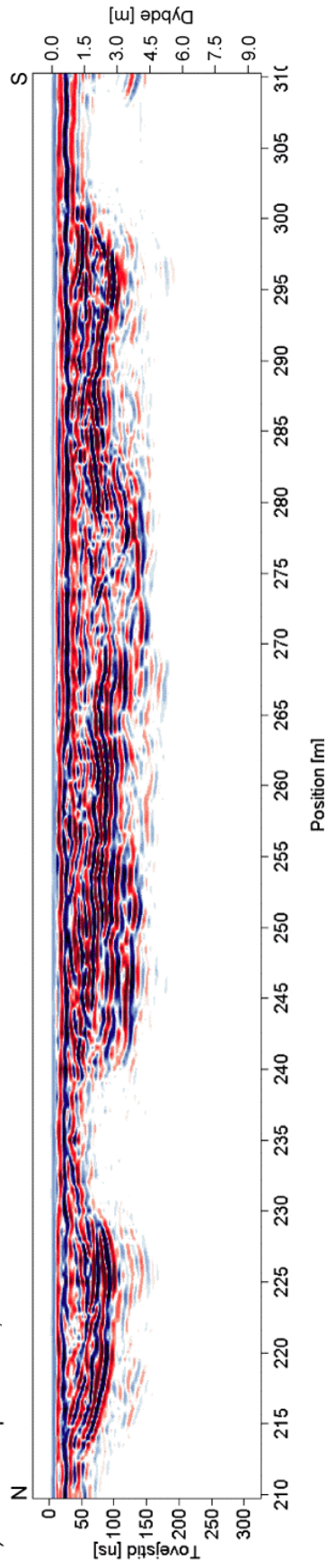
I fig. 4.8 vises to udsnit af det nord-syd-orienterede georadarprofil L02. Omkring position 100 m på linie L02 er udgravningen placeret. Georadarprofilerne domineres af horisontale til subhorisontale refleksioner, der dog stedvist bliver svagt ondulerede og hældende specielt i fig. 4.8b. Refleksionerne i fig. 4.8a er hovedsageligt diskontinuerte, hvilket også er tilfældet for nogle i fig. 4.8b, medens andre specielt i de dybere dele af georadarprofilerne er mere kontinuerte med længder op til 30 m. Penetrationsdybden er i fig. 4.8a forholdsvis lille på 50–75 ns (~ 1,5–2,3 m), medens denne i fig. 4.8b ligger enten i et niveau omkring 50 ns (~ 1,5 m) eller 150 ns (~ 4,5 m) med skift mellem de to niveauer i løbet af få meter.

## Hjortkær

a) Georadarprofil L02, 100 MHz



b) Georadarprofil L02, 100 MHz



**Figur 4.8.** Georadarprofiler. Udsnit af det nord-syd-orienterede georadarprofil L02 i positionsintervallerne a) 75–175 m og b) 210–310 m målt med georadarsystem med antenner med centerfrekvens på 100 MHz. Den sorte boks i a) markerer den omtrentlige placering af udgravningens N-S-orienterede profilvæg (fig. 3.9). Georadarprofilerne er tid-dybde konverteret med en bølgebreddehastighed på 0,06 m/ns.

#### **4.1.2.4 Geologisk tolkning og sammenligning af georadarundersøgelserne på bakkeø morænesandslokaliteter**

Georadarprofilerne på alle tre undersøgelsesmarker har områder med horisontale til subhorisontale refleksioner og en penetrationsdybde på ca. 50 ns (~ 1,5 m u. t.). På Nr. Felding og Hjortkær undersøgelsesmarker er udgravningen beliggende i et sådant område. Derudover har georadarprofilerne specielt på Nr. Felding og Hjortkær undersøgelsesmarker stor variation i penetrationsdybde og bratte skift mellem områder med forholdsvis god penetrationsdybde og områder med mere ringe penetrationsdybde. I områderne med forholdsvis god penetrationsdybde ændrer refleksionsmønstret sig til også at have svagt hældende eller ondulerende refleksioner og kortere vertikal afstand mellem refleksionerne. Området omkring Astrup variabilitetsmark med den kanal-agtige form har lignede refleksionsmønstre, ellers er georadarprofilerne på Astrup variabilitetsmark generelt noget anderledes med de kontinuerte subhorisontale refleksioner i 75 – 100 ns (~ 2,2 – 3 m u. t.).

På Astrup variabilitetsmark kan den kontinuerte subhorisontale refleksion i 75–100 ns (~ 2,2–3 m u. t.) korreleres med toppen af lag med moræneler og smeltevandsler, som er truffet i Astrup boringen (fig. 3.13). I de nordøstlige georadarprofiler, hvor der ses et mønster af hældende refleksioner under den kontinuerte refleksion, må disse lerlag tynde meget ud og evt. forsvinde helt. Lerlagene må ligeledes være forsvundet i området omkring udgravningen (fig. 3.1 og 3.3), hvor refleksionerne med kraftig amplitude danner en kanal-agtig form.

På Nr. Felding og Hjortkær undersøgelsesmarker er udgravningen hovedsageligt gravet i morænesandsaflejring (fig. 3.5–3.12) og er beliggende i områder, hvor georadarprofilerne har horisontale til subhorisontale refleksioner og en penetrationsdybde på ca. 50 ns. Det vurderes, at der også er morænesandsaflejring i andre områder med en sådan forholdsvis ringe penetration og lignede refleksionsmønstre. I områder hvor penetrationsdybden er større, må man formode, at morænesandslaget tynder ud, forsvinder eller har et markant mindre lerindhold. Refleksionsmønstrene i disse områder indikerer, at disse områder består af smeltevandsaflejring evt. med et tyndt dække af morænesand.

Georadarundersøgelserne på de tre undersøgelsesmarker viser, at der er stor variation i de geologiske aflejring på de enkelte marker og til dels også mellem markerne.

## 4.2 Prøveudtagningssteder

I Astrup blev der udtaget prøver i to dybder på ialt 52 steder. Fordelingen ses på fig. 4.9.



**Figur 4.9.** Astrup variabilitetsmark. På figuren ses prøvetagningsstederne for variationspunkterne.

## 4.3 Teksturanalyser

Søren Torp (DJF)

Følgende vises resultater fra analyserne fra markvariations punkterne. Cirkeldiagrammerne viser pågældende værdis størrelse ved omfanget af cirkelens areal. På fig. 4.10 – 4.15 er vist resultaterne for ler, kulstof og sand. For sand gælder at kornfordelings fraktionerne 63  $\mu\text{m}$  – 2mm er summeret. Foruden oversigtsfigurerne findes analyseresultaterne samlet i tabelform i appendiks 2.

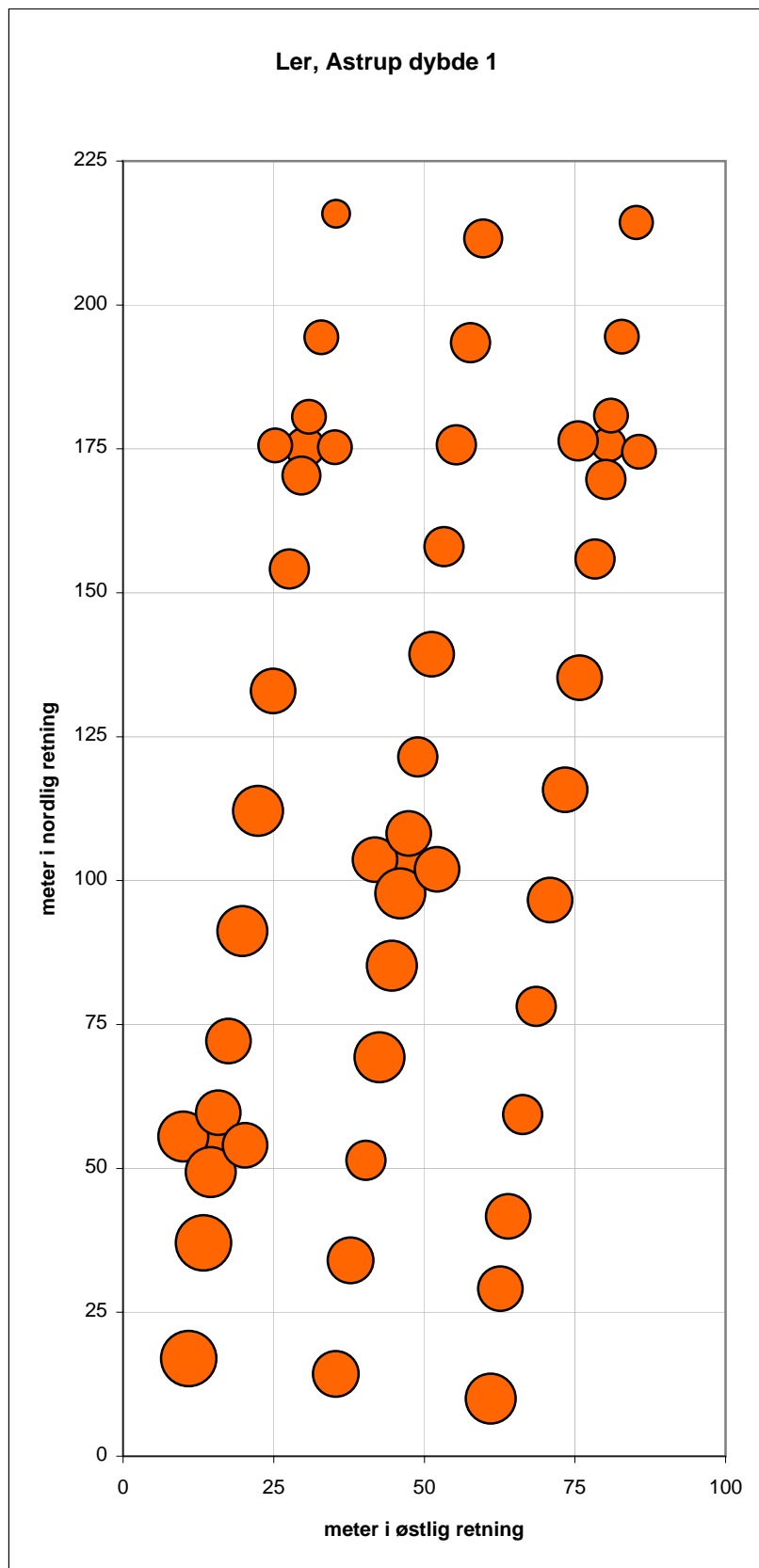
Lerprocent fordelingen i dybde 1, pløjelaget, ligger mellem 2,6 og 5,2% (fig. 4.10). Der er en svag faldende tendens i nordlig retning, men fordelingen må siges at være homogen set ud over marken som helhed. I dybde 2 (fig. 4.11) er der en større spredning med lerprocenter fra 3,1 til 13,9. Den overordne-



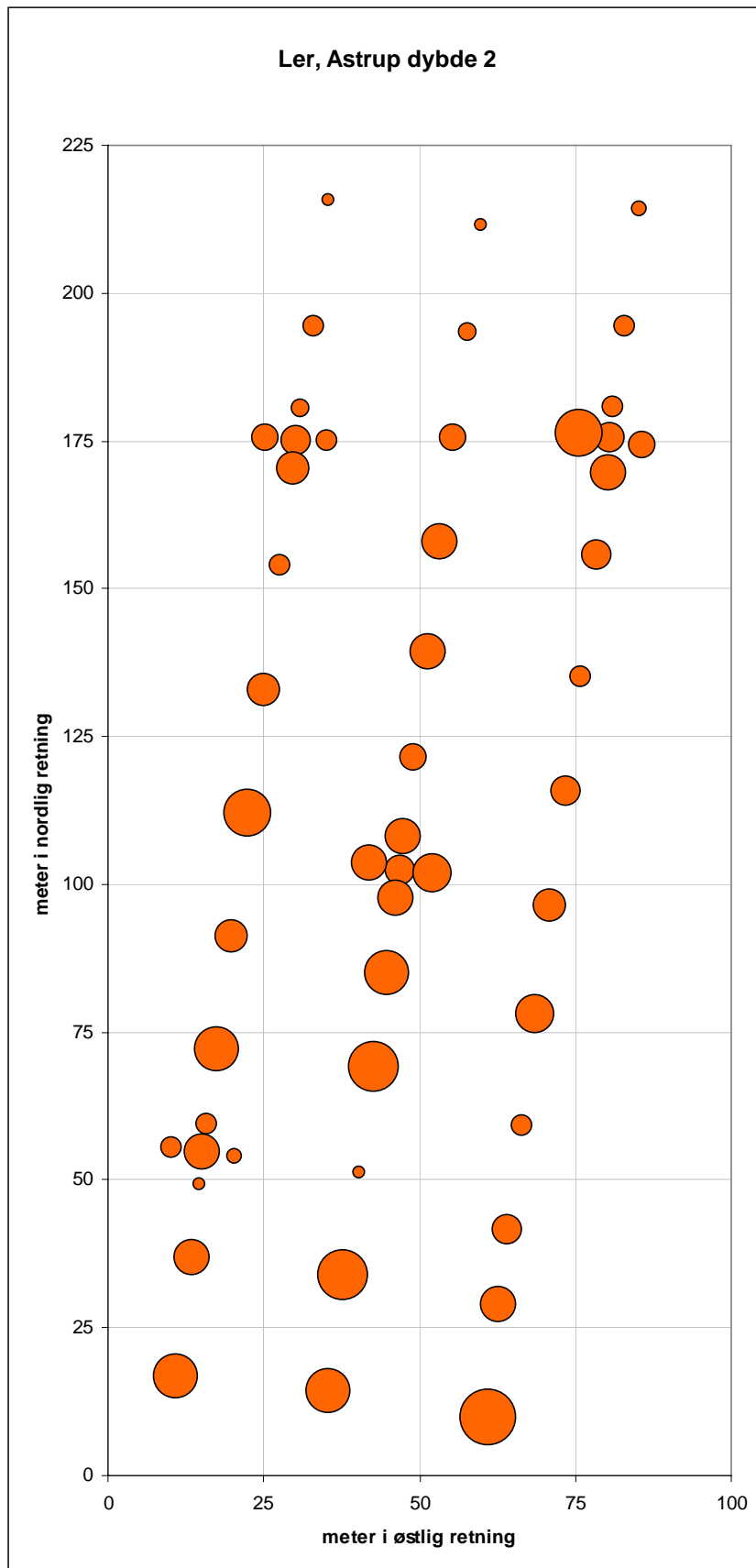
de tendens er som i pløjelaget ligeledes faldende værdier mod nord. Der er dog større spring mellem punkterne og lertfordelingen er klart mindre homogen.

Kulstofindholdet i dybde 1 er vist på fig. 4.12. Variationen ligger mellem 1,3 og 1,71 % hvilket er typisk for sandede dyrkede jorder (Sundberg 1999). Fordelingen af kulstof i dybde 1 over marken må betegnes som homogen. Kulstofindholdet i dybde 2 ligger mellem 0,15 og 1,74 % (fig. 4.13). Den større spredning i værdierne skyldtes at prøverne er udtaget i horisonten under det nuværende pløjelag. På marken var der nogle steder tegn på pålejringen, således at der nogle steder findes et begravet kulstofholdigt reminiscent pløjelag umiddelbart under det nuværende. Desuden var steder med humusudfældningshorisonter fra den oprindelige podsol (se kap. 3) i denne dybde. Ligeledes kan de topografiske forhold have indflydelse, idet kulstofindholdet er stigende mod nord hvor terrænet ligger lavere.

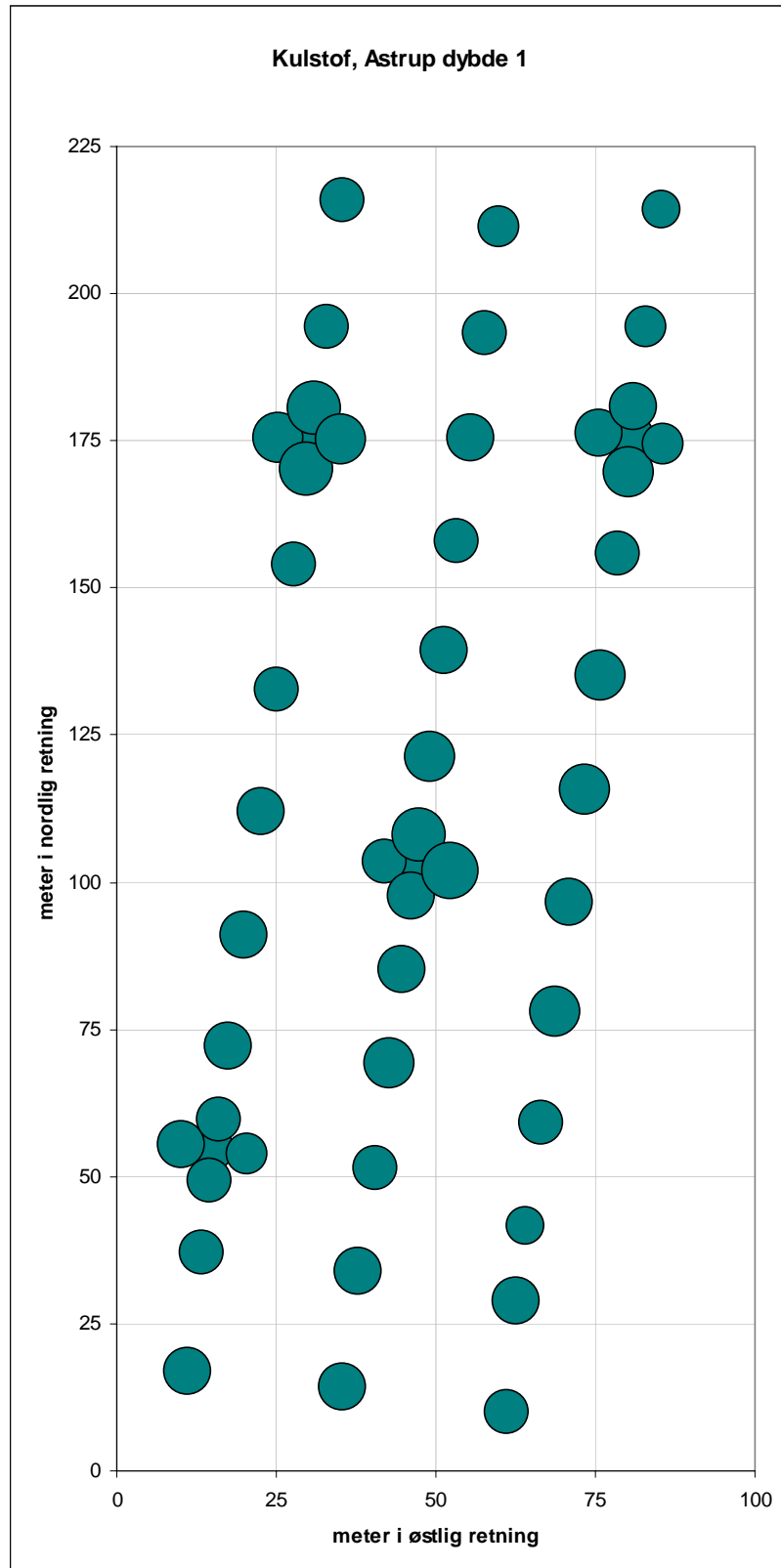
Sand indholdet fra teksturanalysen er vist på fig. 4.14 og 4.15. Fordelingen af sand ligger fra 83,7 til 90,7 %. Det dækker over sandfraktionerne fra 63  $\mu$ m til 2 mm. Fordelingen er yderst homogent sand i dybde 1. Dybde 2 (fig. 4.15) viser en noget større spredning, men er dog stadig meget sandet med 70,3 til 94,5 % sand. Generelt er billedet at de største værdier findes mod nord og de laveste værdier i syd.



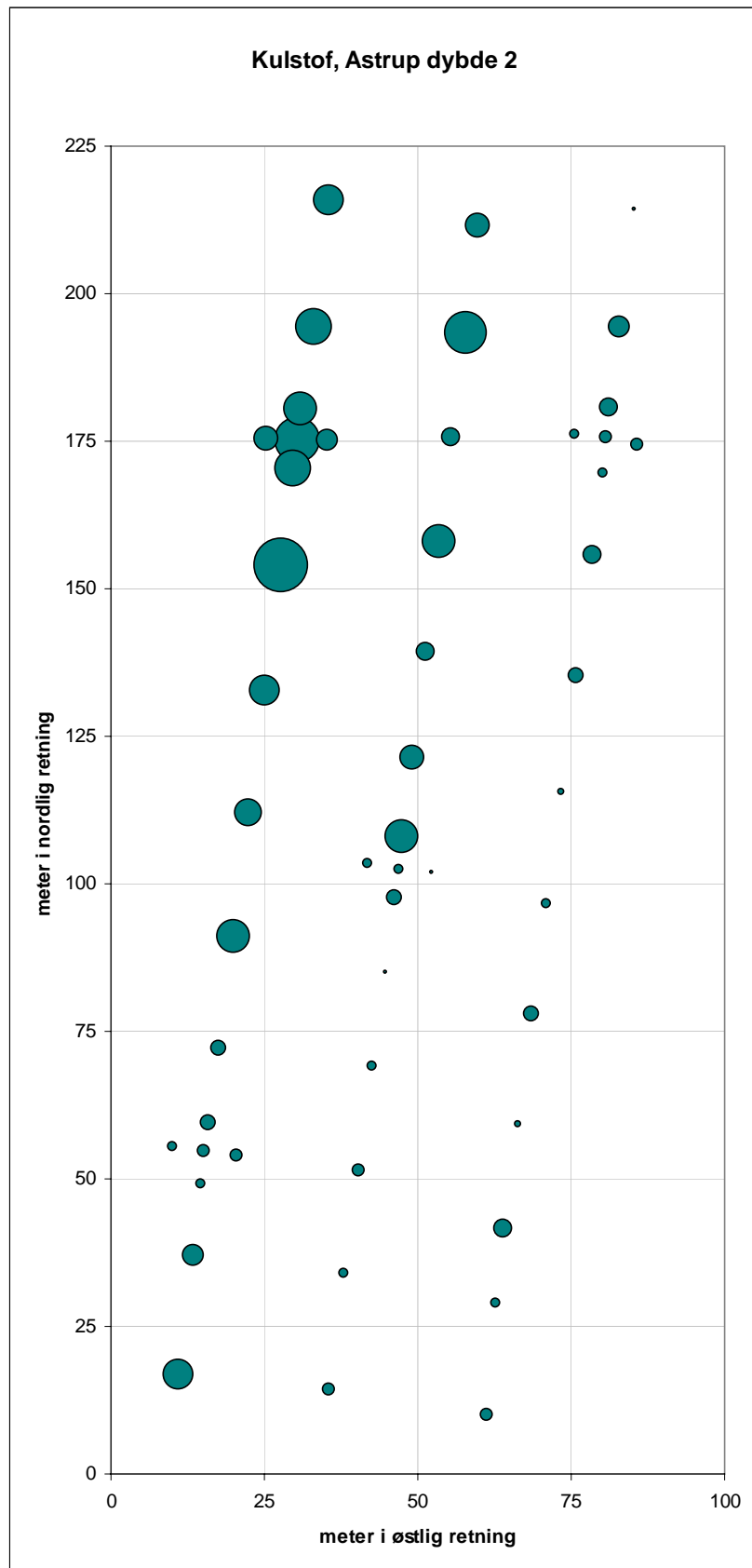
**Figur 4.10.** Lerprocent i pløjelagsdybde (1). Største og mindste cirkel repræsenterer henholdsvis 2,6 og 5,2% ler.



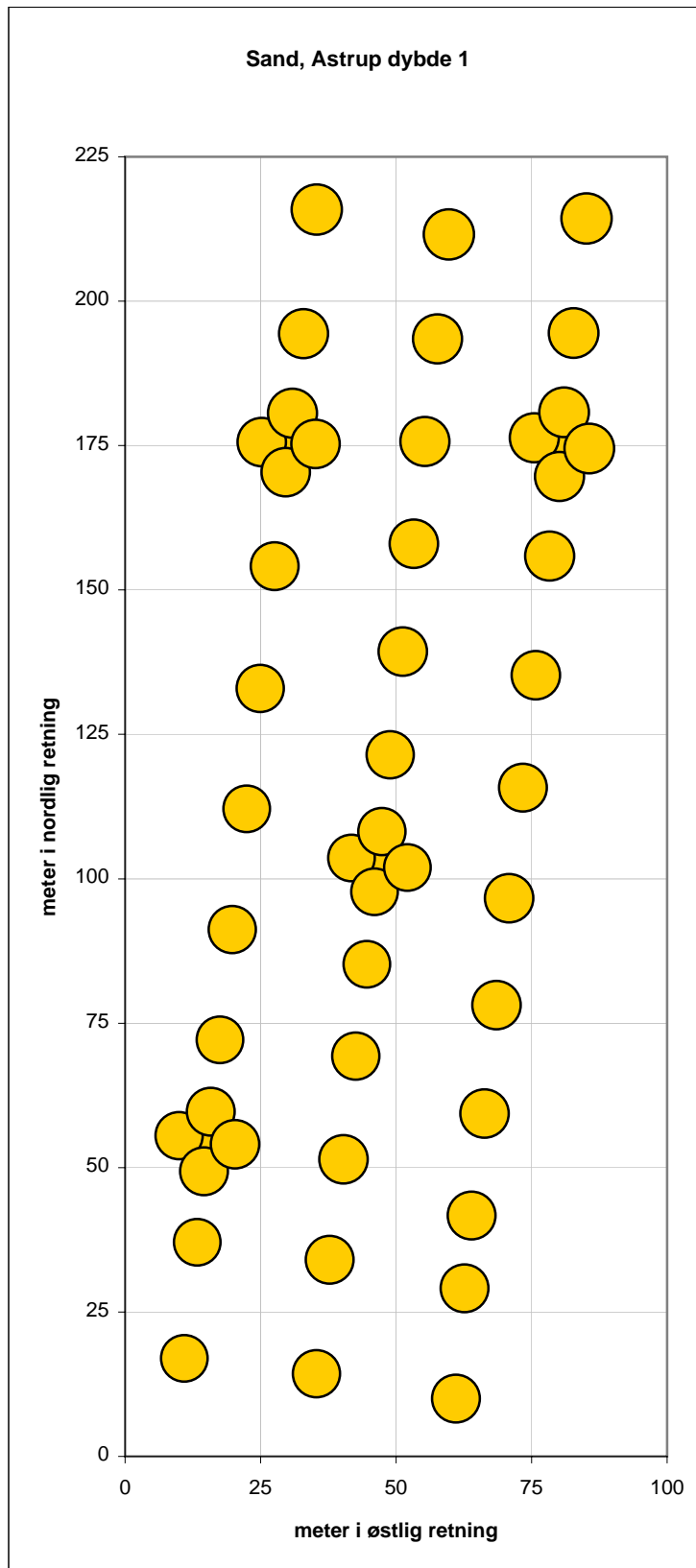
Figur 4.11. Lerprocent i dybde 2. Største og mindste cirkel repræsenterer henholdsvis 3,1 og 13,9% ler



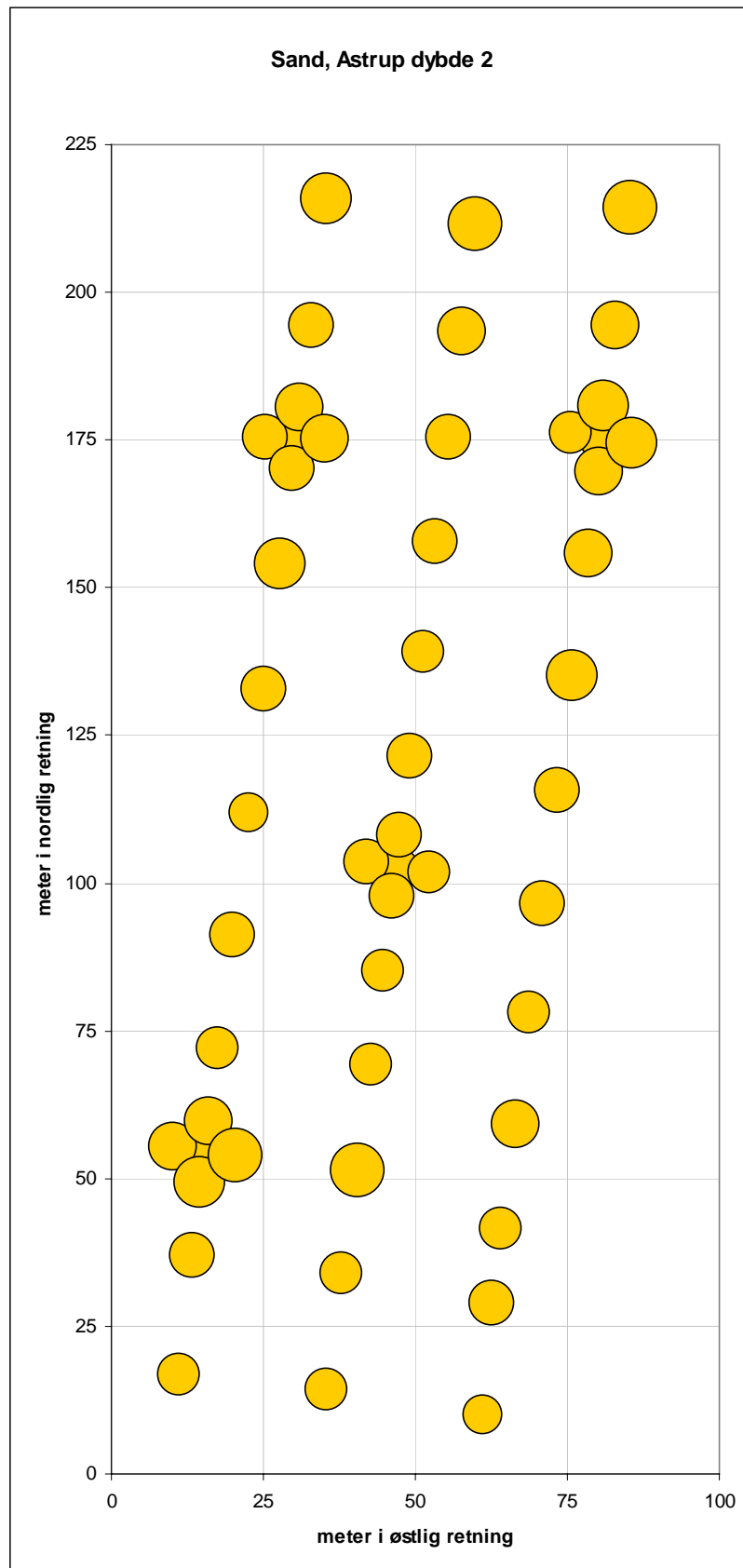
**Figur 4.12.** Kulstofprocent i pløjelags dybde (1). Største og mindste cirkel repræsenterer henholdsvis 1,3% og 1,71% kulstof.



**Figur 4.13.** Kulstofprocent i dybde 2. Største og mindste cirkel repræsenterer henholdsvis 0,15 og 1,74% kulstof.



**Figur 4.14.** Sandprocent i pløjelagsdybde (1). Største og mindste cirkel repræsenterer henholdsvis 83,7 og 90,7% sand.



**Figur 4.15.** Sandprocent i dybde 2. Største og mindste cirkel repræsenterer henholdsvis 70,3 og 94,5% sand.

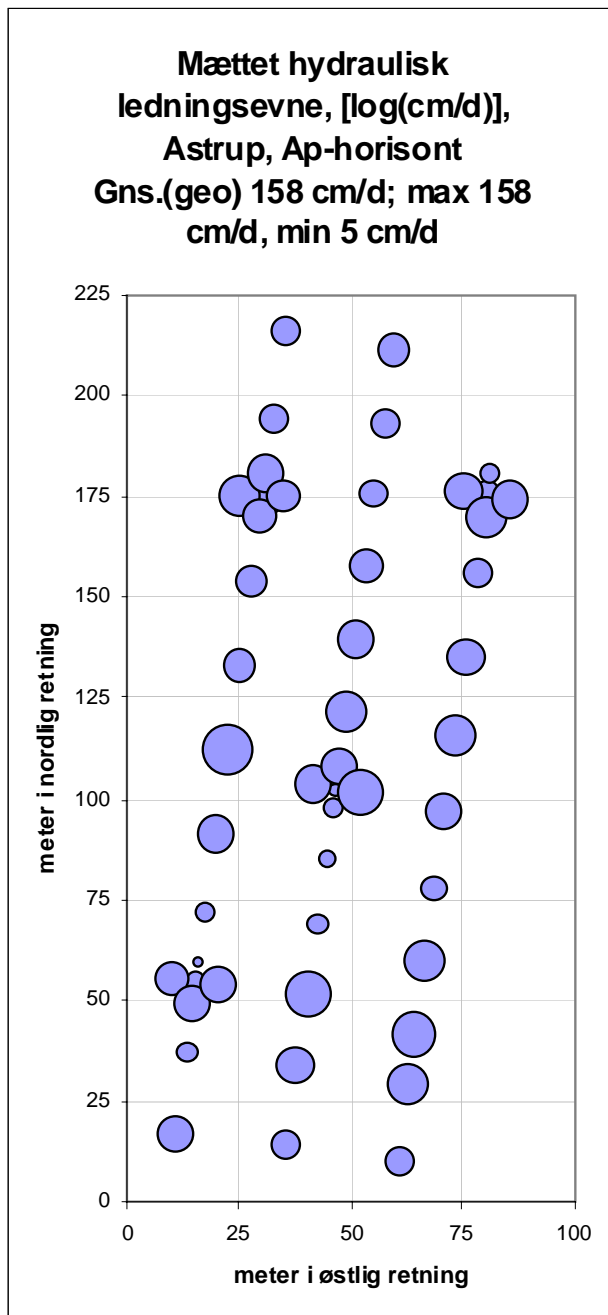
## 4.4 Hydraulik

Bo Vangsø Iversen og Ole Hørbye Jacobsen

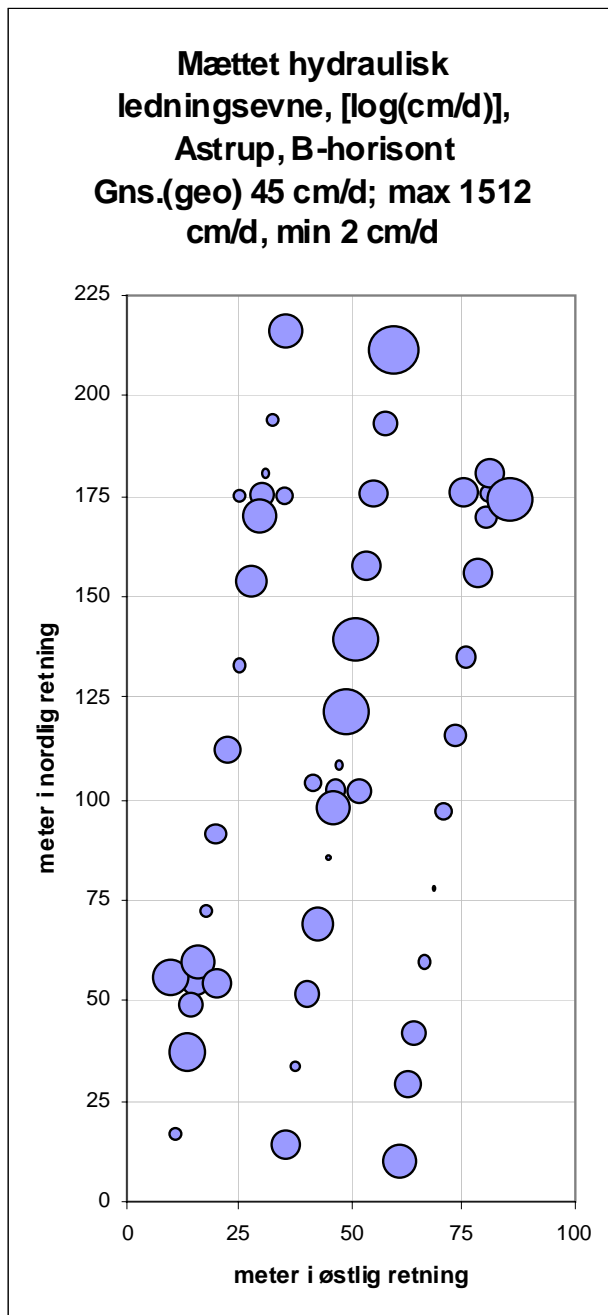
I Ap- og B-horisonten blev *in situ* luftpermeabiliteten målt i det udlagte grid. Luftpermeabilitetsværdierne blev derefter omsat til værdier for den mættede hydrauliske ledningsevne ud fra en kendt relation (Loll et al., 1999). Punktmålinger for den mættede hydrauliske ledningsevne (log-transformerede) er vist på fig. 4.16 og 4.17 for Ap- og B-horisonten. For Ap-horisonten er det umiddelbart vanskeligt at se noget system i den rumlige variabilitet i området. For B-horisonten ses områder, hvor ledningsevnen er markant lavere sammenlignet med nærliggende områder. Variationen B-horisonten er markant højere end variationen i Ap-horisonten.

Nøjagtigheden i forbindelse med estimeringen af den mættede hydrauliske ledningsevne ud fra målinger af *in situ* luftpermeabilitet er forbundet med flere faktorer såsom grænsebetingelser, jordens vandindhold samt den fundne relationen mellem luftpermeabiliteten og den mættede hydrauliske ledningsevne. På trods af ovennævnte faktorer må metoden sammenlignet med de traditionelle tidskrævende målinger af den mættede hydrauliske ledningsevne anses som værende anvendelig, da den er hurtig og derved giver mulighed for at danne sig et indblik i den rumlige variation af den mættede hydrauliske ledningsevne i et område.





**Figur 4.16.** Mættet hydraulisk ledningsevne i Ap-horisonten for markvariationsundersøgelserne ved Astrup (logtransformerede værdier).



**Figur 4.17.** Mættet hydraulisk ledningsevne i B-horisonten for markvariationsundersøgelserne ved Astrup (logtransformerede værdier).

## 4.5 Mikrobiologi

Finn P. Vinther (DJF), Lars Elsgaard (DJF), Ulla Catrine Brinch (GEUS) og Carsten Suhr Jacobsen (GEUS)

### 4.5.1 Analyser

I markvariationsundersøgelsen er der målt følgende mikrobiologiske parametre: Basal *in situ* respiration samt substrat induceret respiration (SIR). Der er talt bakterier på 1/300 TSA og Goulds S1. Generel mikrobiel aktivitet er bestemt i form af hydrolyse af flourescein diacetat (FDA) samt specifik mikrobiel aktivitet i form af arylsulfatase aktivitet (ASA).

### 4.5.2 Variation

En reel rumlig variation forudsætter at variationen i marken er større end variationen på den pågældende analyse.

De enkelte analyser er, bortset fra basal *in situ* respiration, foretaget med 3-4 gentagelser og variationskoefficienterne ( $CV = (SD/Gns) \cdot 100$ ) for analyserne er vist i tabel 4.2.

**Tabel 4.2.** Variation på analyser (vedr. enheder se appendix 3).

Analyse	Antal gentagelser	Variations koefficient (CV)	
		Range	Gens.
Basal <i>in situ</i> respiration*	1*	-	37
Substrat induceret respiration	3	2 – 87	30
Arylsulfatase aktivitet	4	1 – 28	8
Flourescein diacetat hydrolyse	3	1 – 28	10

\* Variationen på denne analyse er beregnet på baggrund af 25 målinger indenfor et 2x2 m kvadrat.

Målingerne er foretaget i 51 punkter, dvs. med 51 gentagelser, og simple statistiske parametre for de enkelte analyser er vist i tabel 4.3.

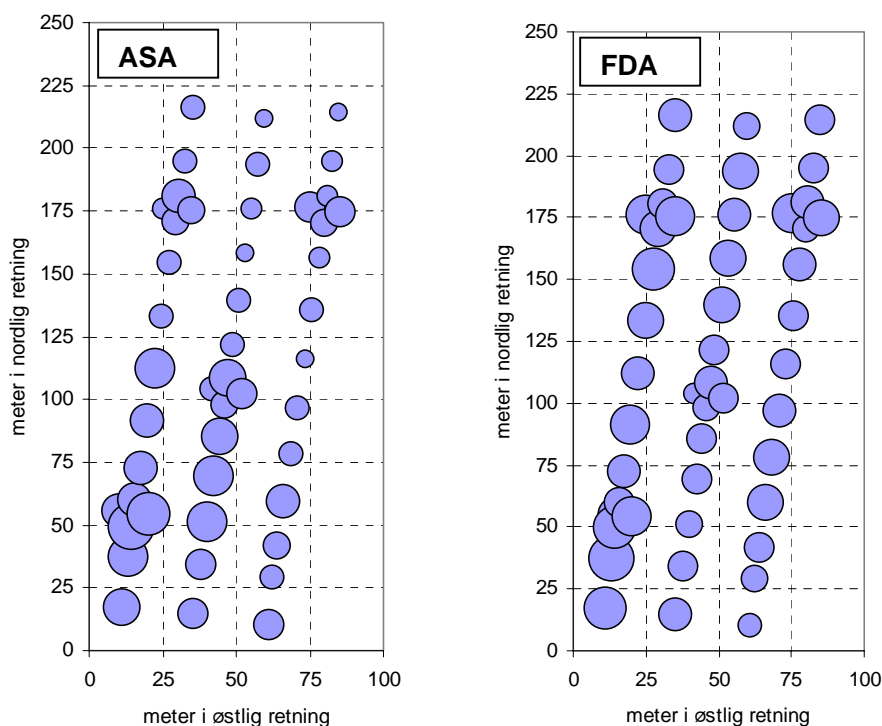
Sammenlignes analysevariationen med variationen i marken, vil man se at sidstnævnte for alle analysers vedkommende er størst, hvilket antyder at der er tale om en reel rumlig variation i marken.

**Tabel 4.3.** Variation i marken (vedr. enheder se appendix 3).

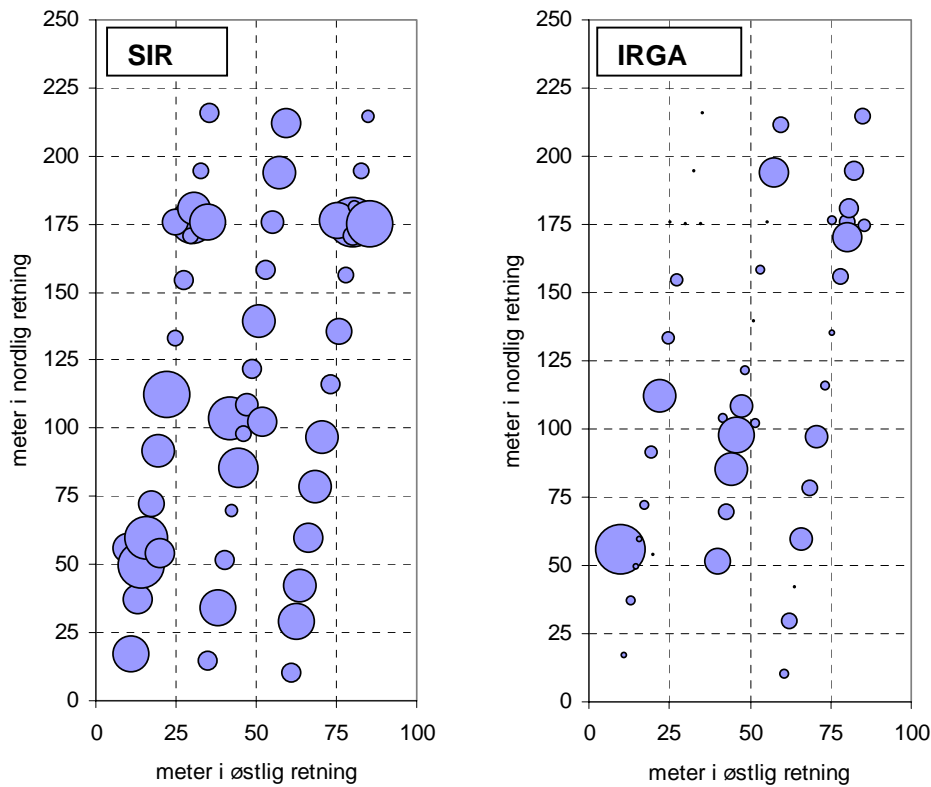
Analyse	Dybde 1				
	Min	Max	Gns	Std	CV
Basal in situ respiration	0.2	16.1	4.7	3.5	74
Substrat induceret respiration	3.1	10.8	6.4	2.1	33
Arylsulfatase aktivitet	10.2	24.5	16.1	3.7	23
Flourescein diacetat hydrolyse	30.2	64.5	49.3	7.1	15

### 4.5.3 Markvariation

Der er altså tale om en betydelig markvariation med variationskoefficienter på op til 74% for dybde 1 (tabel 4.3). For at få et indtryk af hvorledes variationen fordeler sig over marken, er der i fig. 4.18 til 4.27 vist den relative fordeling af de målte mikrobiologiske parametre hen over marken efterfulgt af absolutte værdier i de 51 målepunkter (appendiks 3). Tilsvarende er variationen i mineraliseringen af acetat fundet meget begrænset, og der medtages ikke data for acetatmineralisering i tabelformat. Mineralisering af acetat viser, at der findes mikroorganismer, der er levedygtige i alle punkter i begge jorddybder (fig. 4.28).



**Figur 4.18.** Relative værdier af arylsulfatase aktivitet (ASA) og hydrolyse af fluorescein diacetat (FDA) fra dybde 1 Astrup.



**Figur 4.19.** Relative værdier af substrat induceret respiration (SIR) og basal *in situ* respiration (IRGA) fra dybde 1 Astrup.

#### 4.5.4 Resultater af enkeltanalyser

Resultater af enkeltanalyser fra de 51 punkter i Astrup er vist i appendiks 3.

#### 4.5.5 Sammenfatning

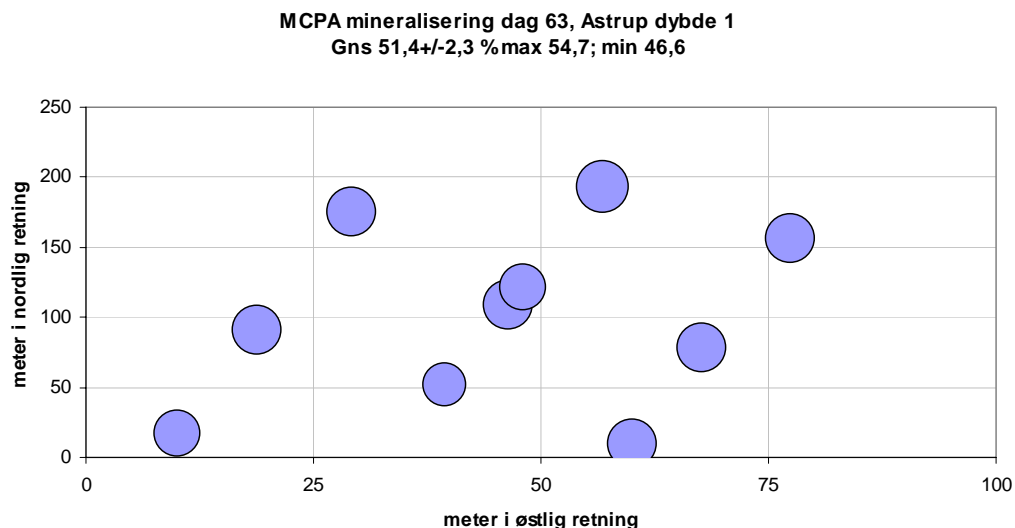
Sammenfattende kan det konkluderes, at der er en betydelig rumlig variation i de mikrobiologiske parametre hen over marken i Astrup, med variationskoefficienter op til 74% for dybde 1. Generelt synes marken i Astrup ikke at være karakteriseret af områder hvor enzymaktiviteten, ASA og FDA, forekommer systematisk høj eller lav. For respirations målingerne IRGA og SIR er tendensen at der findes enkelte målepunkter med højre aktivitet - "hot spots" – der bidrager til en stor variation.

## 4.6 Pesticidspecifikke parametre

### 4.6.1 Mineralisering

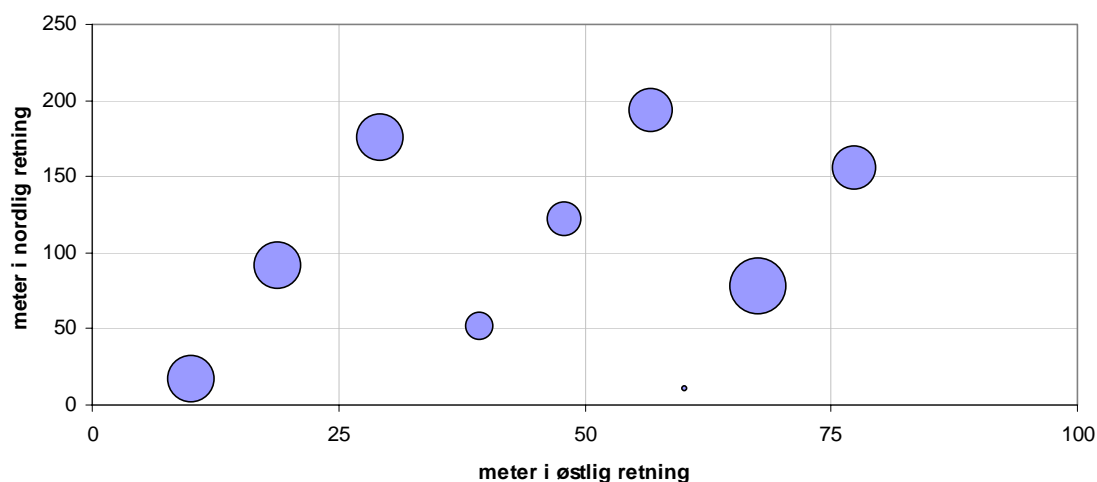
Carsten Suhr Jacobsen (GEUS), Jim Rasmussen (GEUS) og Ulla Catrine Brinch (GEUS)

For Astrup markens dybde 1 og 2 er der i 9 punkter undersøgt mineralisering af stofferne MCPA, methyltriazinamin, glyphosat, og metribuzin. De enkelte mineraliseringsforløb er fulgt i 64 dage (appendiks 4), og den akkumulerede mineralisering er angivet som funktion af tiden. Nedenstående boblediaagrammer (fig. 4.20 til 4.27) viser den akkumulerede mineralisering ved dag 64 for de undersøgte stoffer. I forbindelse med registrering af de fire stoffers mineraliseringsforhold har vi i projektet anvendt radioaktive isotoper. Da radioaktive isotopers renhed aldrig kan være 100%, skal vi gøre opmærksom på, at alle M64 værdier, der er akkumuleret til under 1,6 % ikke er kvantitative. Disse data anvendes derfor ikke ved yderligere modellering i projektet, men er medtaget her, fordi de alligevel giver en nyttig information om variationen i stoffernes eller deres metabolitters mineralisering



**Figur 4.20.** Mineralisering af MCPA i overjord fra Astrup.

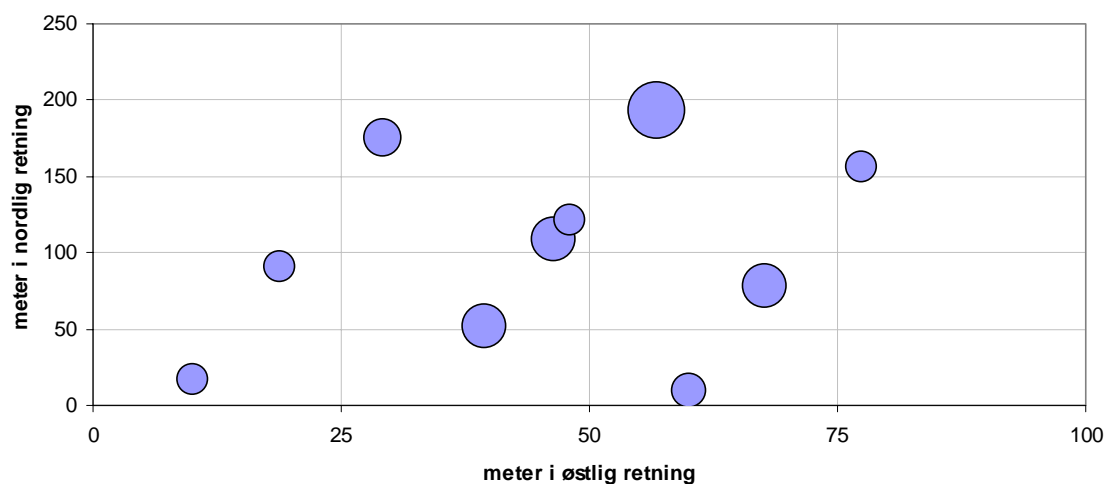
**MCPA mineralisering dag 63, Astrup dybde 2**  
Gns 45,5+/-16,8 % max 64,4; min 8,3



**Figur 4.21.** Mineralisering af MCPA i underjord (dybde 2) fra Astrup.

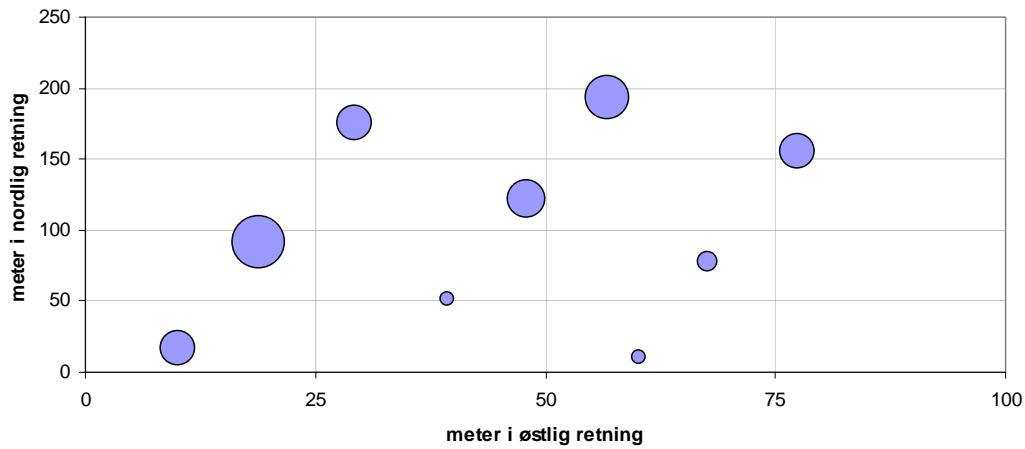
Det ses af den akkumulerede mineralisering af MCPA i jorden dybde 1, at der i alle punkter er sket en betydelig mineralisering (fig. 4.20). For dybde 2 (fig. 4.21) er den laveste værdi på 8,3 procent og den højeste på 64,4, altså en væsentlig større variation end det er tilfældet for overjorden.

**Methyltriazinamin mineralisering dag 63, Astrup dybde 1**  
Gns 0,28+/-0,06 % max 0,39; min 0,23



**Figur 4.22.** Mineralisering af methyltriazinamin i overjord fra Astrup

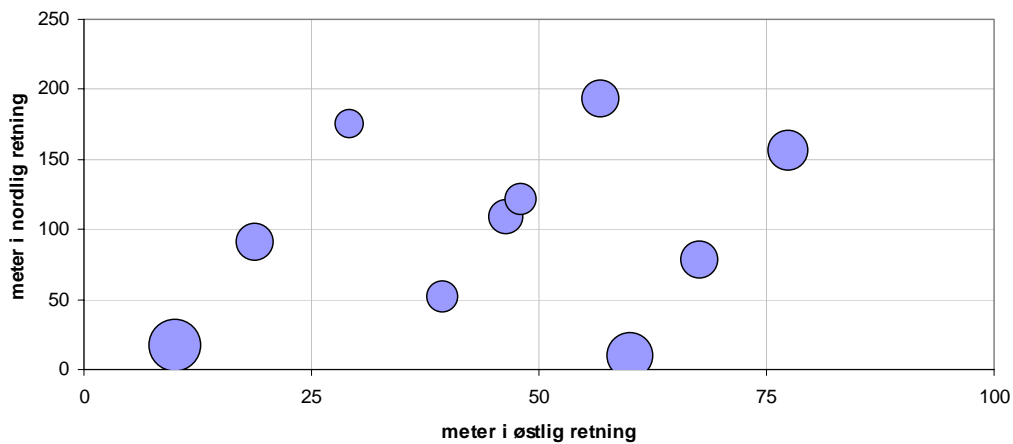
**Methyltriazinamin mineralisering dag 63, Astrup dybde 2**  
**Gns 0,05+/-0,03 % max 0,09; min 0,00**



**Figur 4.23.** Mineralisering af methyltriazinamin i underjord (dybde 2) fra Astrup

Methyltriazinamin mineraliseres kun i ringe grad, hvorfor bedømmelse af variationsbredden for stoffet er vanskelig. Der er en tendens til større variation i underjorden

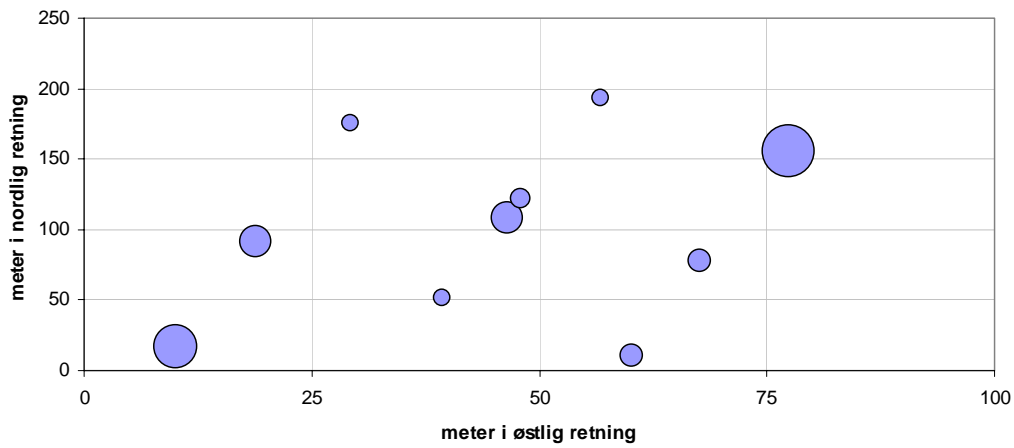
**Glyphosat mineralisering dag 63, Astrup dybde 1**  
**Gns 4,8+/-0,8 % max 6,4; min 3,7**



**Figur 4.24.** Mineralisering af glyphosat i overjord fra Astrup



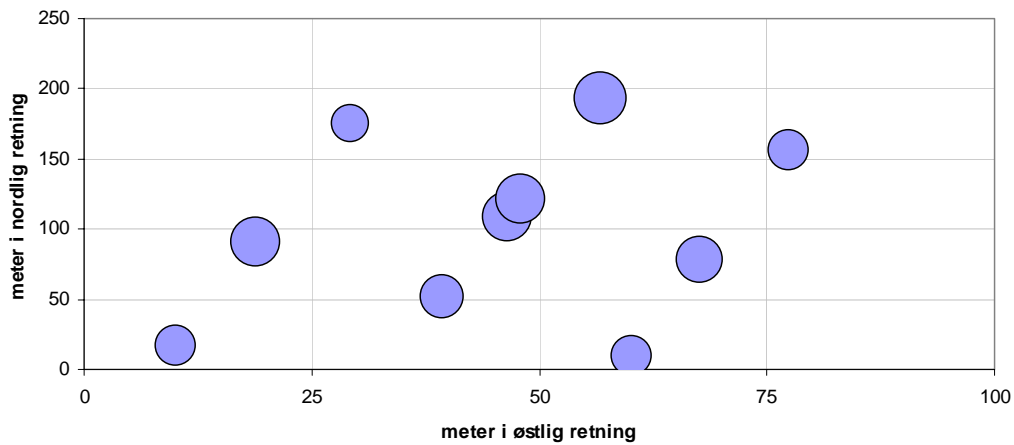
**Glyphosat mineralisering dag 63, Astrup dybde 2**  
Gns 0,2+/-0,1 % max 0,44; min 0,16



**Figur 4.25.** Mineralisering af glyphosat i underjord (dybde 2) fra Astrup

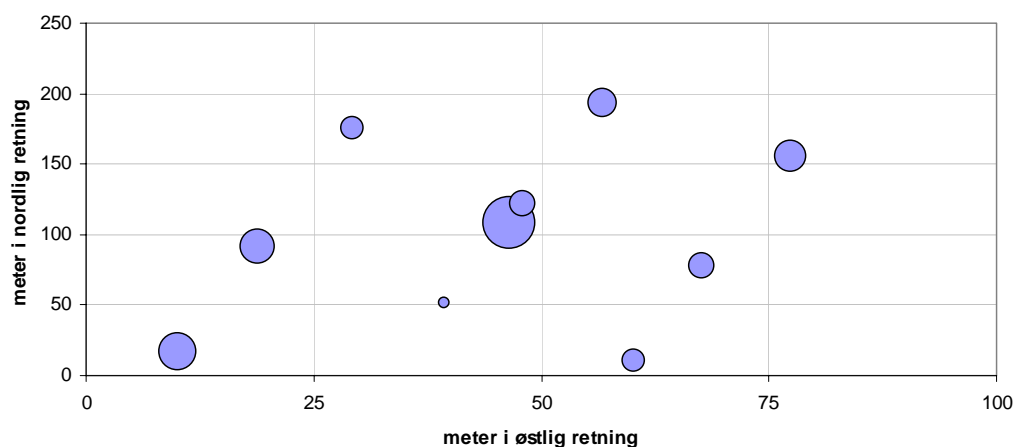
Mineraliseringen af glyphosat er varierer i både over- og underjord (fig. 4.20 og 4.21). Den største variation ses i underjorden med den laveste værdi på 0,16 og den højeste på 0,44, mens de tilsvarende for overjorden er henholdsvis 3,7 og 6,4 procent.

**Metribuzin mineralisering dag 63, Astrup dybde 1**  
Gns 0,27+/-0,03 % max 0,30; min 0,23



**Figur 4.26.** Mineralisering af metribuzin i overjord fra Astrup

Metribuzin mineralisering dag 63, Astrup dybde 2  
Gns 0,11+/-0,04 % max 0,19; min 0,05



**Figur 4.27.** Mineralisering af metribuzin i underjord (dybde 2) fra Astrup

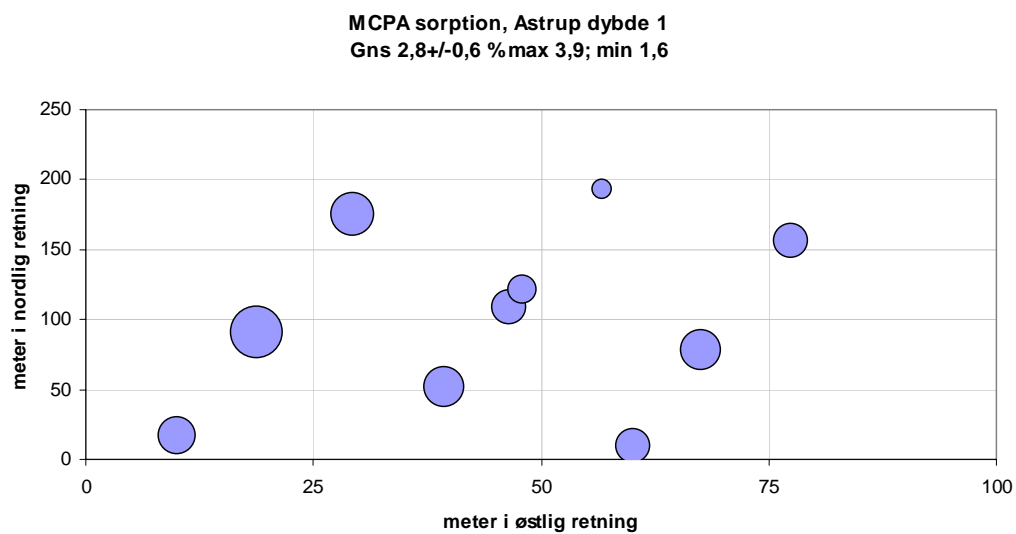
Mineraliseringen af metribuzin er meget lav i både over- og underjord (fig. 4.26 og 4.27). I løbet af 9 uger omsættes i overjorden kun op til 0,27 procent fuldkomment. Metribuzin mineraliseringen varierer mindre i overjorden end i underjorden.

Der er forskel på hvordan de enkelte stoffer mineraliseres. Dette følger i det store og hele det billede vi fik fra fuld profil prøverne (kapitel 3). I overjorden ses generelt en mindre variation end i underjorden.

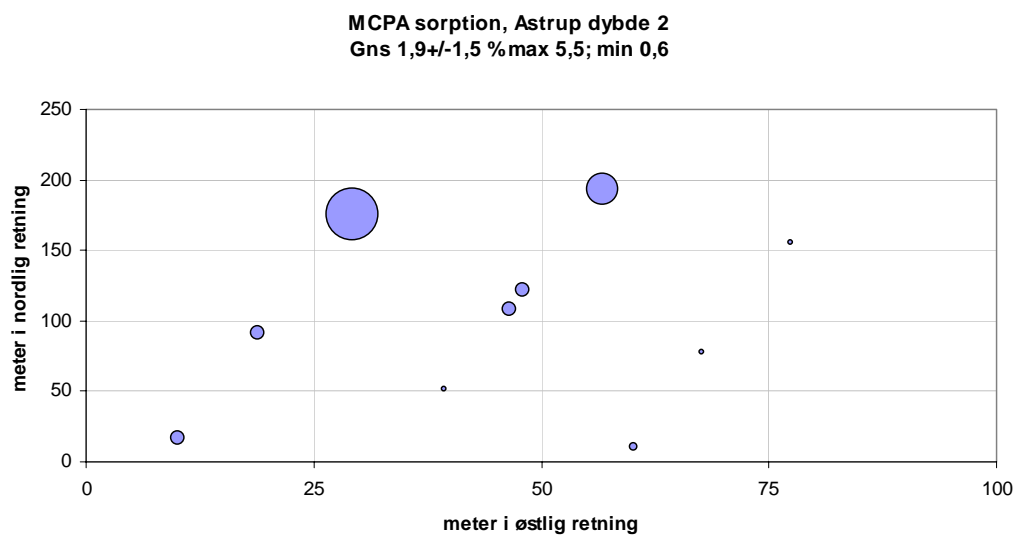
#### 4.6.2 Sorption af pesticider

Carsten Suhr Jacobsen (GEUS) og Ulla Catrine Brinch (GEUS)

Sorptionen af pesticiderne MCPA, methyltriazinamin, metribuzin og glyphosat er bestemt i 9 punkter for over- og underjord (dybde 2). Nedenstående boblediagrammer (fig. 4.28 til 4.35) viser sorptionen for de undersøgte stoffer. I forbindelse med registrering af de fire stoffers bindingsforhold til jord har vi i projektet anvendt radioaktive isotoper. Da radioaktive isotopers renhed aldrig kan være 100%, skal vi gøre opmærksom på, at alle Kd værdier for metyltriazinamin og MCPA, der er under 0,1 og over 15 ikke er kvantitative. Tilsvarende er alle Kd værdier under 0,1 og over 7 for metribuzin samt under 0,1 og over 160 for glyphosat ikke kvantitative. Disse værdier anvendes derfor ikke ved yderligere modellering i projektet, men er medtaget her, fordi de alligevel giver en nyttig information om variationen i stoffernes eller deres metabolitters bindingsforhold.

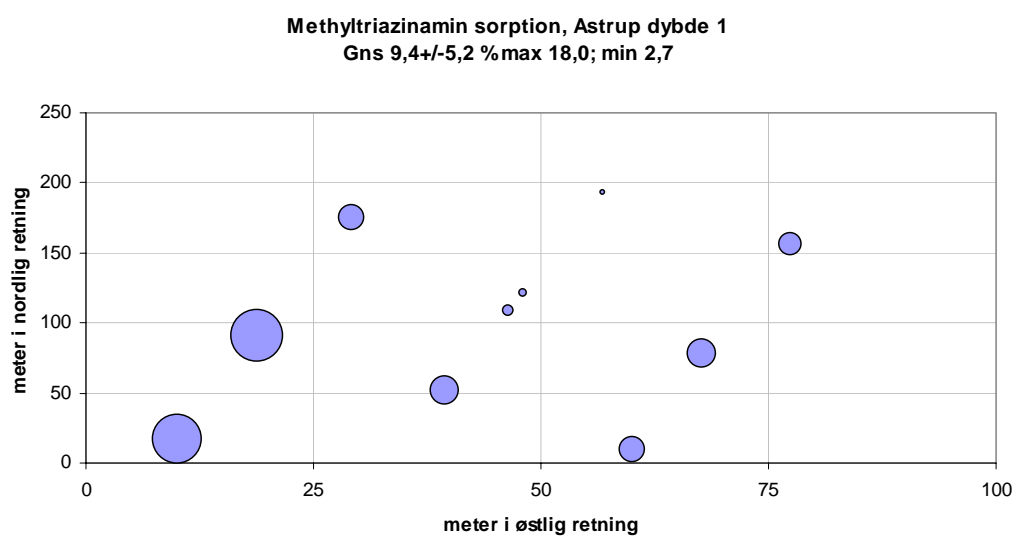


**Figur 4.28.** Sorption af MCPA til overjord fra Astrup

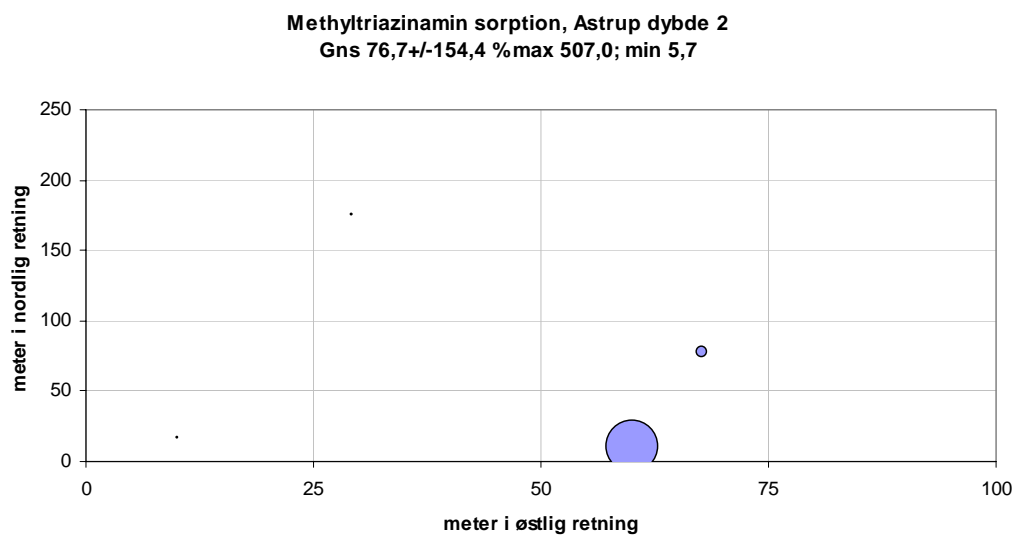


**Figur 4.29.** Sorption af MCPA til underjord (dybde 2) fra Astrup

Der ses en relativ stor variation for sorptionen af MCPA i både overjord (fig. 4.28) og underjord. Sorptionen er størst i overjorden, hvor Kd værdierne spænder fra 1,6 til 3,9. I underjorden er variationsbredde større med Kd fra 0,6 til 5,5.

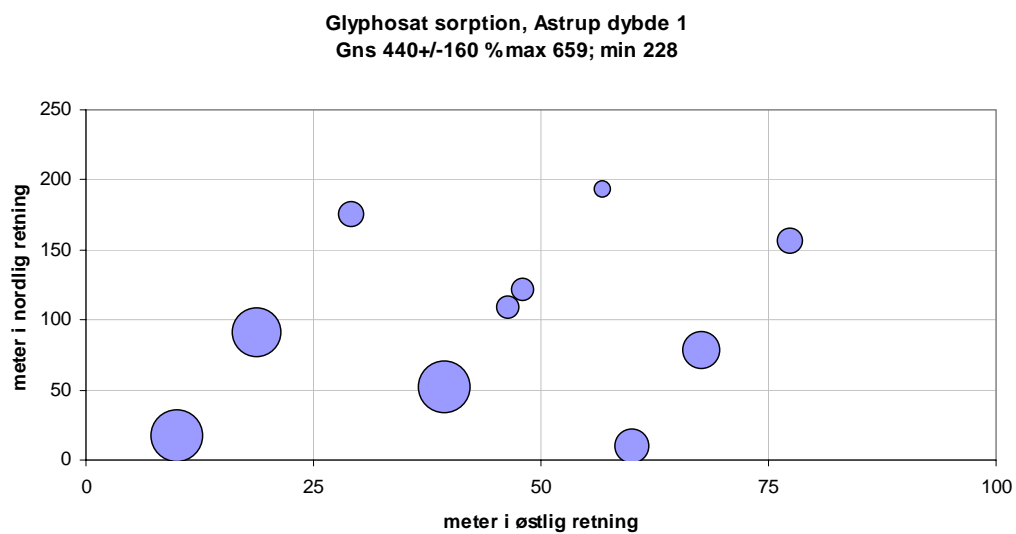


**Figur 4.30.** Sorption af methyltriazinamin til overjord fra Astrup

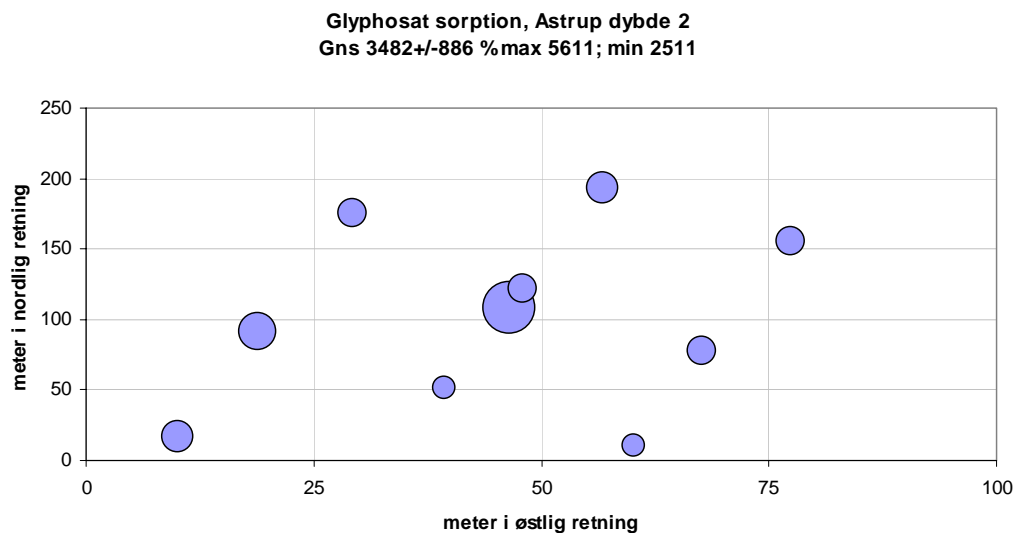


**Figur 4.31.** Sorption af methyltriazinamin til underjord (dybde 2) fra Astrup

Methyltriazinamin har en højere sorption end MCPA. Der ses det samme billede som for MCPA med den største variationsbredde i underjorden, hvor den laveste  $K_d$  værdi er på 5,7 og den højeste på 507 (fig. 4.30 og 4.31).

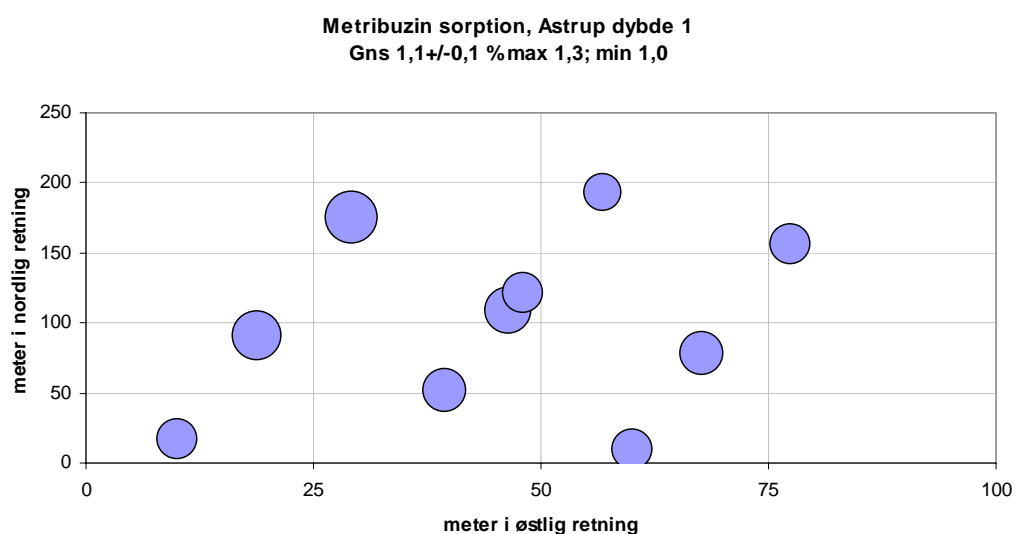


**Figur 4.32.** Sorption af glyphosat til overjord fra Astrup

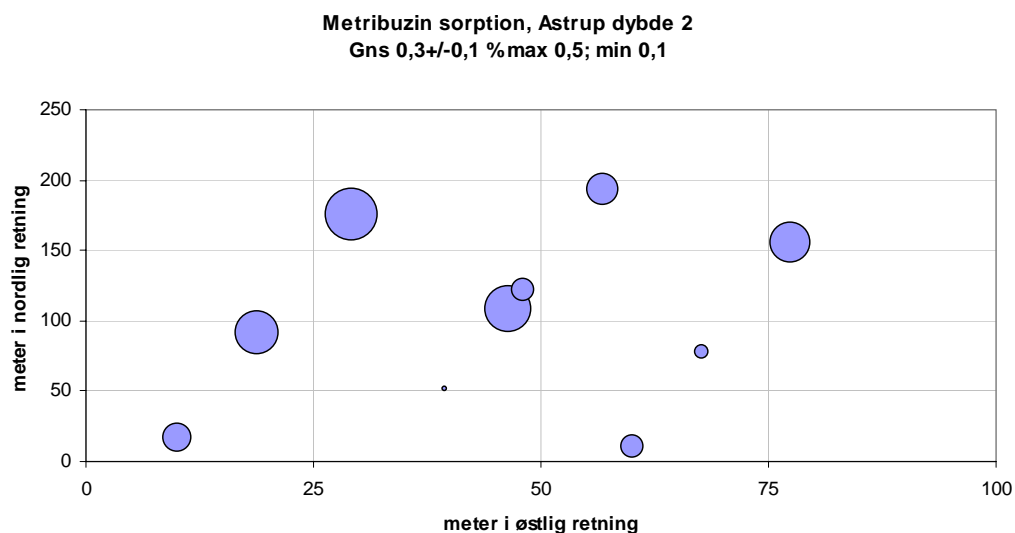


**Figur 4.33.** Sorption af glyphosat til underjord (dybde 2) fra Astrup

Sorptionen af glyphosat er betydeligt højere end det ses for de øvrige stoffer. Sorptionen er højest i underjorden, mens den relative variationsbredde er størst i overjorden (fig. 4.32 og 4.33).



**Figur 4.34.** Sorption af metribuzin i overjord fra Astrup



**Figur 4.35.** Sorption af metribuzin i underjord (dybde 2) fra Astrup

Metribuzin er det stof der sorberes svagest af de fire stoffer (fig. 4.34 og 4.35), sorptionen er højest i overjorden, hvor der ikke er den store variation i  $K_d$  værdierne. I underjorden er der en relativt stor variationsbredde på sorptionen med  $K_d$  værdier fra 0,1 til 0,5.

Sorptionen af de fire stoffer varierer alle meget på markskala. Den største variation ses generelt i underjorden, hvor der er særlig stor variation for de tre stoffer MCPA, metribuzin og methyltriazinamin. Glyphosats sorption er både i over- og underjord meget høj.

### 4.6.3 Sammenfatning

Mineraliseringens størrelse og forløb ligner for alle fire stoffer det, der er beskrevet i fuld profil undersøgelsen. MCPA mineraliseres i stor udstrækning, mens glyphosat, methyltriazinamin og metribuzin gene-

relt ikke mineraliseres i særlig grad. Dog ses som det var tilfældet for fuld profil undersøgelsen en mineralisering af glyphosat i overjorden. Stoffernes sorption fordeler sig også som det blev set for fuld profil undersøgelsen, hvor glyphosat og methyltriazinamin har høj sorption, mens MCPA og metribuzin har en lav sorption, der i underjord er meget lav.

Generelt ses den største variation på markskala i underjorden for både mineralisering og sorptionsundersøgelser. Det gælder at variationen er mindst for de stoffer, hvor der sker noget, enten ved mineralisering af MCPA eller ved sorption af glyphosat. Variationen i både sorption og mineralisering er betydelig for methyltriazinamin og metribuzin.

## 5. Resultater af profillinieundersøgelser

I nærværende kapitel præsenteres resultaterne af de undersøgelser, som knytter sig til profillinien. Profillinien består af fire borer, der sammen med fuldt undersøgelsesprogram profilet på Astrup lokaliteten danner en ca. 2 km lang, N-S gående linie på Skovbjerg Bakkeø. I hver af de fire borer, der indgår i profillinien, er tekstur, hydrauliske, mikrobielle og stofspecifikke parametre blevet bestemt i op til 5 dybder og der er udført geokemiske og geologiske profilbeskrivelser. Undersøgelserne og profilbeskrivelserne, der knytter sig til borerne i profillinierne, benævnes *reduceret undersøgelsesprogram* og er mindre detaljerede end i fuldt undersøgelsesprogram profilerne, idet ikke så mange parametre bestemmes (se KUPA rapport nr. 2 (Barlebo et al. 2002)). Langs profillinien er der endvidere lavet geofysiske undersøgelser i form af EM38- og georadarundersøgelser.

### 5.1 Geofysik

I dette afsnit beskrives resultaterne af EM38- og georadarundersøgelserne. EM38 er en geofysisk metode som viser den gennemsnitlige elektriske ledningsevne i jorden, ned til ca 1,5 meter. Målingerne er under danske forhold stærkt korreleret til jordens lerindhold. Georadarmetoden viser først og fremmest sedimenternes lagdeling og er derfor god til tolkning af det geologisk miljø hvorunder sedimenterne er aflejret. For mere detaljeret beskrivelse af metoderne henvises til KUPA rapport nr. 2, Metoderapport (Baqrlebo et al. 2002). Ved at anvende EM38 og georadar langs transekter får man information om den overordnede variation af jordtyperne på landskabsskala på bakkeøen.

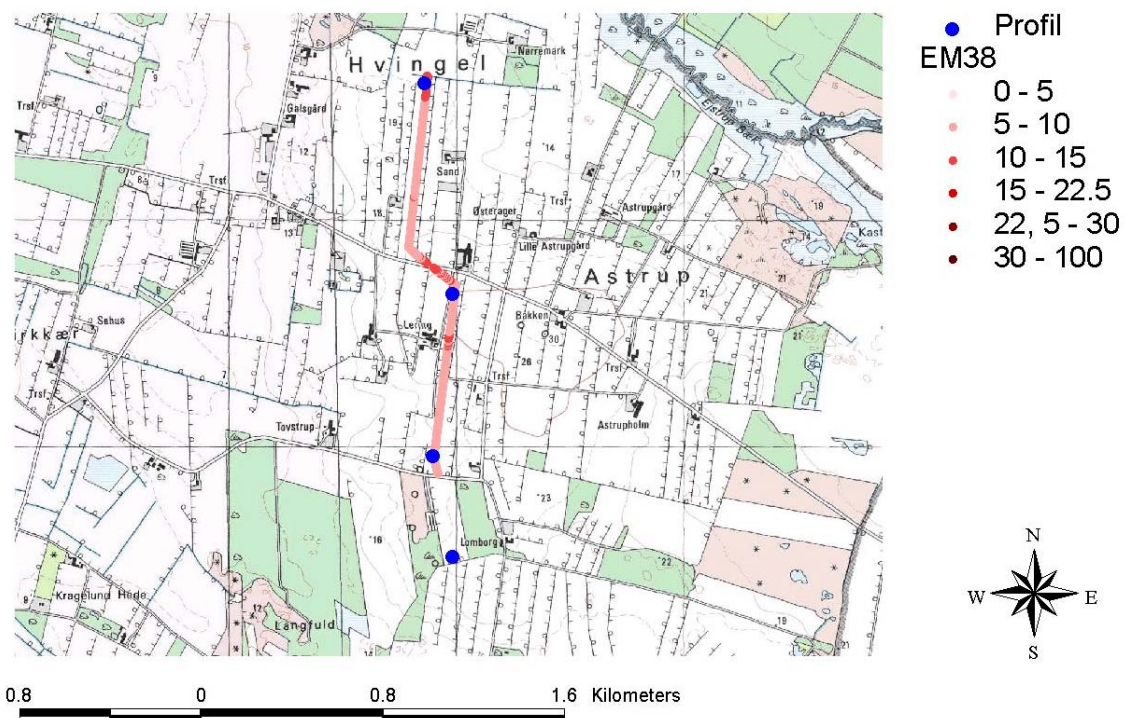
#### 5.1.1 EM38

Søren Torp (DJF) og Mogens Greve (DJF)

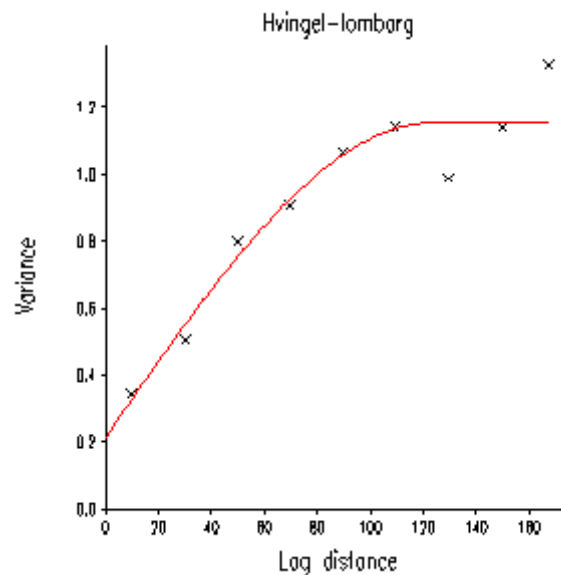
EM38 transekten ved Astrup ses på fig. 5.1. Denne kortlægning er udført ved at sensoren, monteret på en kunststofslæde, trækkes over marken vha. en firehjulet motorcykel. På markerne benyttes eksisterende kørespor. Afhængig af hastigheden og med en målefrequens på 1 per sekund registreres der ca. en måling per 10-15 meter.

Transekten er ca. 1860 meter lang og går fra Hvingel i nord til Lomborg i syd, igennem bakkeøens svagt bakkede overflade på kanten af det østforliggende højdedrag: "Bakken". Resultater fra EM38-undersøgelsen af transekten er vist på fig. 5.1 og 5.2. EM38-målingernes ensartede værdier afspejler områdets forholdsvis lerfattige og sandede tekstur.





**Figur 5.1.** Astrup – transekt og profiliniepunkter (jordbundsprofiler og borer). Fra nord profiliniepunkterne Hvingel, Lering, Tovstrup og Lomborg (blå). Elektromagnetiske sensormålinger med EM38. Skalaen er i milliSiemens per meter.

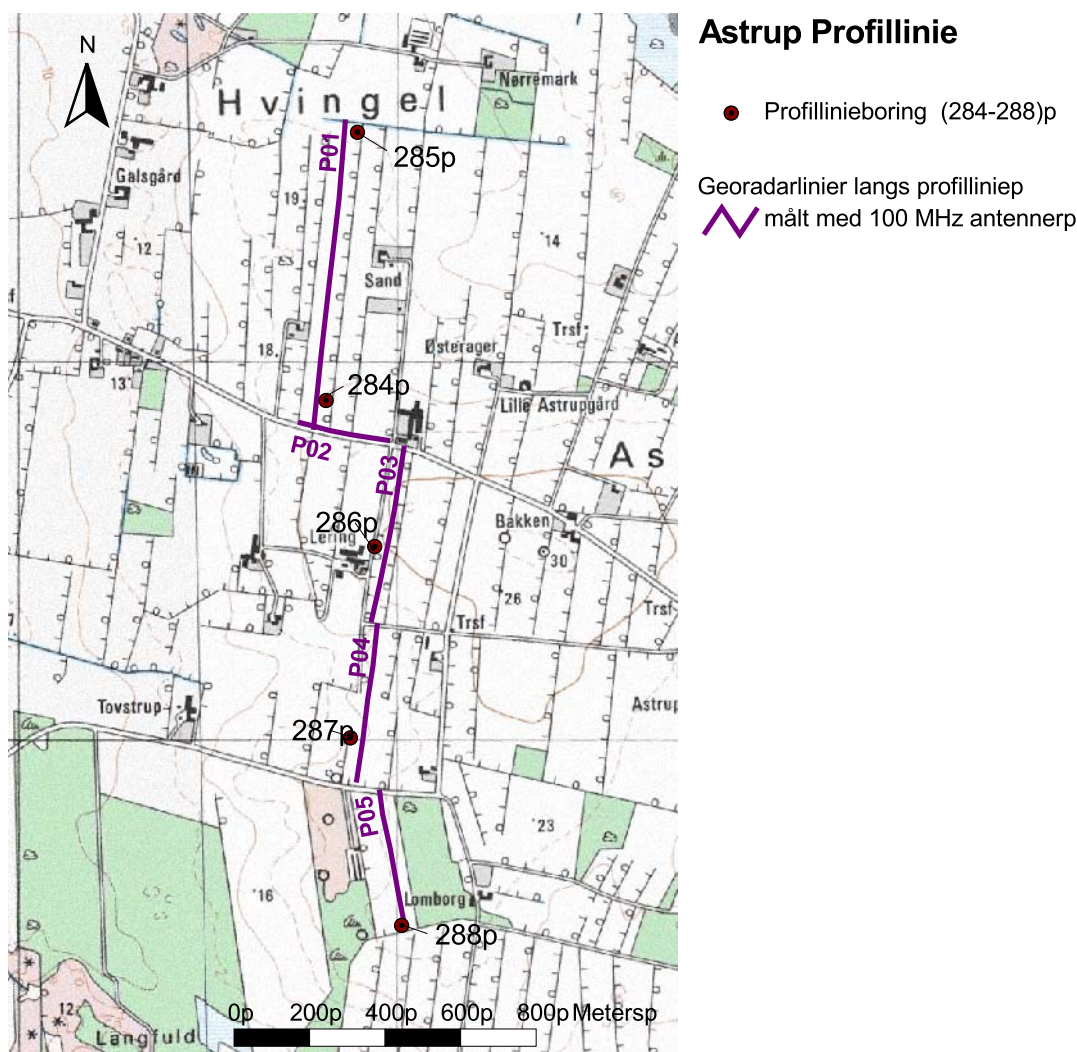


**Figur 5.2.** Variogram af EM38-målingerne fra transekten. Punkterne er den eksperimentelle semivarians. Den røde linie er den bedst fittede spheriske model med følgende parametre (defineret i KUPA rapport nr. 2 (Barlebo et al. 2002): Range = 110 m, sill = 1,18 og nugget = 0,21.

## 5.1.2 Georadar

Ingelise Møller (GEUS)

Der er målt med georadarsystemet med antenner med centerfrekvens på 100 MHz langs profillinien fra Hvingel boringen i nord gennem variabilitetsmarken til Lomborg boringen i syd over en strækning på godt 2 km (fig. 2.2 og 5.3). Georadarlinierne er placeret, så de skærer borerne, hvis det var muligt. Linierne er dog placeret midt på markerne for at undgå kraftige refleksioner fra de høje læhegn, der stort set står i alle skel.



**Figur 5.3.** Placering af georadarlinier langs profillinien, der knytter sig til Astrup fuldtprogramprofil. Profillinieboringerne er markeret.

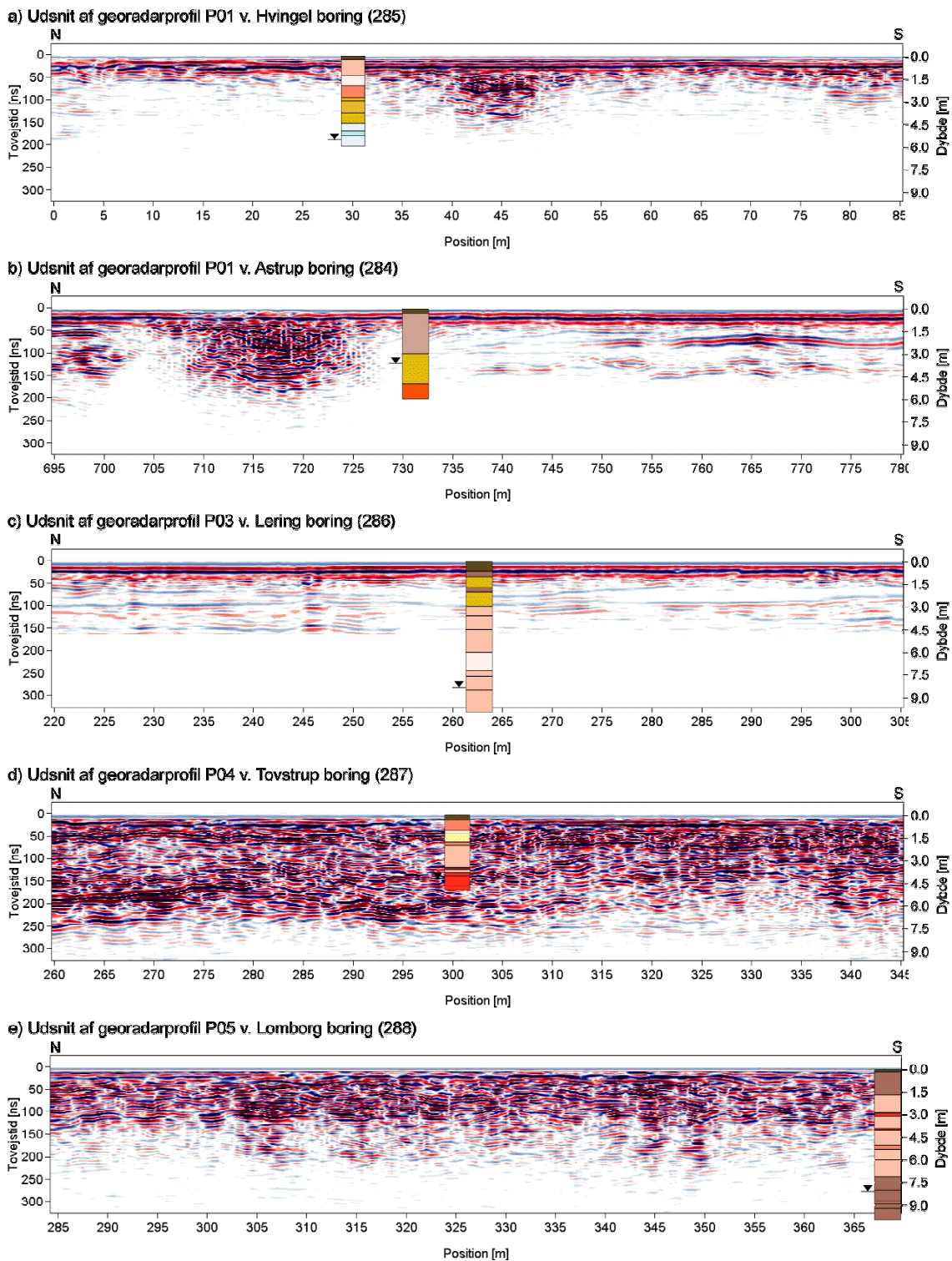
Beskrivelse af georadarmetoden kan findes i KUPA rapport nr. 1 (Møller, 2001) og beskrivelse af måleprocedure og optageparametre findes i KUPA rapport nr. 2, Metoderapport (Barlebo et al. 2002). Georadardata præsenteres her grafisk. Data bruges kvalitativt og visuelt i en tolkning af geologiske struktu-

rer. Tolkninger af lithologi baserer sig på penetrationsdybder og korrelation med lithologiske data fra udgravning og boringer.

Georadarprofilerne i den nordligste del af profillinien domineres af horisontale til subhorisontale refleksioner med meget varierende kontinuitet (fig. 5.4a-c). Penetrationsdybden længst mod nord ligger på 50–100 ns (~ 1,5–3 m u. t.). Lidt længere mod syd i georadarprofilet er der yderligere enkelte horisontale til subhorisontale refleksioner med stor kontinuitet (fig. 5.4b-c). Penetrationsdybden er øget lidt til 100–150 ns, dog er denne i enkelte områder væsentligt ringere (50 ns). Enkelte steder langs georadarprofilernes nordlige del ændres refleksionsmønstret markant og penetrationsdybden øges over en strækning på 15–20 m (fig. 5.4a-b). I den sydlige del af profilet fra ca. 100 m syd for Lering boringen ændres refleksionsmønstret markant (fig. 5.4d-e). Det består her af korte horisontale til subhorisontale refleksioner vekslende med svagt hældende eller svagt ondulerende refleksioner. Refleksionerne har kraftigere amplitudeniveau og der er en kortere vertikal afstand mellem refleksionerne. Penetrationsdybden er yderligere øget til 200–250 ns (~ 6–7,5 m u. t.). I georadarprofilet ved Tovstrup boringen er der horisontale til subhorisontale zoner med refleksioner med kraftigere amplitude (fig. 5.4d). Længst mod syd aftager penetrationsdybden lidt (fig. 5.4e).

Overordnet er der en god korrelation mellem georadarprofilerne og boringerne langs profillinien. I den nordlige og midterste del af profillinien træffer man i Hvingel (fig 5.8), Astrup (fig. 3.13) og Lering (fig. 5.9) boringerne lag af moræneler. Dybden til toppen af disse lerlag kan overordnet korreleres med kontinuerte horisontale refleksioner (fig. 5.4a-c). I de to sydlige boringer, Tovstrup (fig. 5.10) og Lomborg (fig. 5.11) er der ikke truffet leraflejringer, men smeltevandssand og grovkornede morænesandsaflejringer. Georadarprofilerne ved disse boringer har markant øget penetrationsdybde og refleksionsmønstre, der indikerer, at aflejringerne er afsat i smeltevandsfloder (fig. 5.4d-e).

Georadarprofilerne langs den godt 2 km lange profillinie viser, at der på denne del af Skovbjerg bakkeø er stor variation i de geologiske strukturer og aflejringer.



Figur 5.4. Figurteksten er på næste side.

**Figur 5.4.:** Udsnit af georadarprofiler ved boringerne langs profillinien, der knytter sig til Astrup fuldtprogramprofil. a) Udsnit af georadarprofil P01 med Hvingel boringen (fig 5.8) projiceret ind på linien. Hvingel boringen ligger ca. 30 m øst for georadarprofilet. b) Udsnit af georadarprofil P02 med Astrup boringen (fig. 3.13) projiceret ind på georadarprofilet. Astrup boringen ligger ca. 20 m øst for georadarprofilet. c) Udsnit af georadarprofil P03 med Lering boringen (fig. 5.9) projiceret ind på georadarprofilet. Lering boringen ligger ca. 30 m vest for georadarprofilet. d) Udsnit af georadarprofil P04 med Tovstrup boringen (fig 5.10) projiceret ind på linien. Tovstrup boringen ligger 30–50 m vest for linien. e) Udsnit af georadarprofil P05 med Lomborg boringen (fig 5.11) markeret. Georadarprofilet ender ved Lomborg boringen. Georadarprofilerne er tid-dybde konverteret med en bølgeudbredelseshastighed på 0,06 m/ns. De lithologiske logs er farvekodet svarende til fig 5.8 – 5.11, samt fig. 3.13 dog er smeltevands- og morænesand yderligere inddelt efter sandets kornstørrelse; en legende er vist i fig. 5.5. Grundvandsspejlets position på boretidspunktet er markeret med en trekant.



**Figur 5.5.** Legende for de lithologiske logs optegnet i fig. 5.4. Farvekoden svarer til fig. 5.8-5.11, samt fig 3.13, dog er smeltevandssand og morænesand yderligere inddelt efter sandets kornstørrelse.

## 5.2 Pedologi

Søren Torp (DJF)

Ved Astrup er de fire profillinie punkter beskrevet ved jordbundsprofiler og borer. Jordbundsprofilerne er gravet og beskrevet den 12/9 2001. Profilerne er benævnt Hvingel, Lering, Toustrup og Lomborg efter nærmeste lokale stednavn. Den morfologiske feltprofilbeskrivelse findes i skemaform i tabellerne 5.1 – 5.4. Analyseresultaterne findes sammen med resultaterne fra de dybere borer i skemaer i kapitel 5.5.

Den pedologiske udvikling er beskrevet samlet for de 4 profilliniepunkter i dette kapitels sidste afsnit (5.2.5) efter feltprofilbeskrivelserne.

### 5.2.1 Jordbundsudvikling i profilliniepunkterne

Profilet ved Hvingel klassificeres i det danske system (Madsen, 1985) som en podsol pga den diagnostiske Bvs-horisont der har et svagt cementeret al-lag, tabel 5.2 og 5.3. Da der er en Bvs-horisont - brunpodsol. Da den er svagt hærdet bliver det en svagt hærdnet Brunpodsol. I det amerikanske system Soil Taxonomy (1999) klassificeres jorden som en humic psammentic Dystrudept. Jordbundsudviklingen ved Hvingel har primært været forbruning med tegn på en begyndende podsolering. Der har været flytning af jern og aluminium til Bvs-horisonten, men ikke nok til at horisonten kan honorere de spodiske krav til for eksempelvis indholdet af jern og aluminium og ODOE, tabel 5.8. Der fandtes dog et kontinuert meget svagt cementeret al-lag og en enkelt lille Bhs-horisont, hvilket er tegn på at den naturlige genese går i retning af en podsol. Jorden er opkalket.

Profilet ved Lering klassificeres i det danske system (Madsen, 1985) som en Lessivejord pga. den diagnostiske Bt-horisont, tabel 5.4. Da der er en pseudogley-horisont bliver det en pseudogley Lessivejord. Da der er udviklet en brunsol i stedet for en eluvial horisont over Bt-horisonten bliver det en pseudogley Brunsol-lessivejord. I det amerikanske system Soil Taxonomy (1999) klassificeres jorden som en aquic arenic Hapludult. Der er iagttaget ler og humus udfældninger i orme- og rodgange i B-horisonten, tabel 5.4 Sammen med resultaterne af kornstørrelsesanalysen, tabel 5.6, viser at der har været en vis migration af lerminerale til B-horisonten. Tilstedeværelsen af pseudogley er tegn på vandstuvning i våde perioder og kan have sammenhæng med illuvialt ler nedsætter permeabiliteten i dybden fra 40 til 150 cm. Jernindholdet i de fire øverste prøver må hidrøre fra jordens forholdsvis høje lerindhold, tabel 5.9. Jorden har opkalket.

Profilet ved Tovstrup klassificeres i det danske system (Madsen, 1985) som en Sesquipodsol pga. den diagnostiske Bs-horisont der har et svagt cementeret al-lag, tabel 5.5. Da den er svagt hærdnet bliver det en svagt hærdnet Typipodsol. I det amerikanske system Soil Taxonomy (1999) klassificeres jorden som en humic psammentic Dystrudept. Analyser fra den sorte Bhs-horisont fra 34-48 cm viser moderate værdier for kulstof, jern og aluminium, tabel 5.10. Jern og aluminium ekstraheret med DCB ( $Fe_{DCB}$  og  $Al_{DCB}$ ) har de højeste værdier i Bhs. At prøven er udtaget lige over horisontens undergrænse kan have indflydelse på resultatet der kan være blevet lavere end forventet. ODOE værdien viser et kun ringe indhold af diagnostiske humusstoffer i Bhs-horisonten. Jorden har et svagt udviklet al-lag og må betegnes som en moderat udviklet initial humus podsol. pH-værdien er hævet i dybden indtil 85 cm, som følge af jordbrugskalkning.

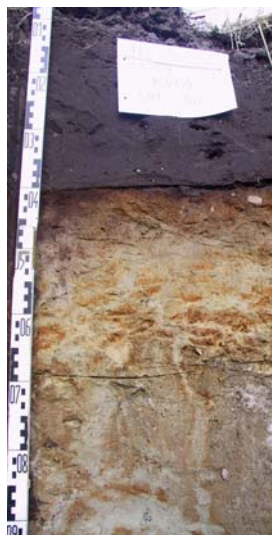
Profilet ved Lomborg klassificeres efter det danske system (Madsen, 1985) som en Sesquipodsol pga. den diagnostiske Bs-horisont der har et svagt cementeret al-lag, tabel 5.6 og 5.7. I Bs-horisonten er der desuden en fragipan. Dermed bliver det en fragi Typipodsol. I det amerikanske system Soil Taxonomy (1999) klassificeres jorden som en fragic Dystrudept. Indholdet af total kulstof i Ap-horisonten (2,88 % C) er typisk for jorder med nedsat omsætning eller rester af et tidligere mor-lag, tabel 5.11. Analysen af den optiske densitet (ODOE som udtryk for indholdet af humusstoffer) viser høje værdier i Ap- og Bhs-horisonten. ODOE over 0,25 gør horisonten spodisk og viser at der har fundet en udfældning af humusstoffer sted. Værdierne for jern og aluminium værdierne viser, at der i podsoleringsprocessen har fundet en vandring og udfældning sted. Der er ligeledes fundet et svagt cementeret al-lag. Jorden må betegnes som en veludviklet podsol. Jorden er kalket op fra dens naturlige niveau på omkring  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  4 til over 6 i pløjelaget.



**Tabel 5.1.** Lokalitetsbeskrivelse, klassifikation og pedologisk horisontbeskrivelse for lokalitetsnr. 285 ved Hvingel (DJF profilnr. 3151).

<b>Dansk jordklassifikation</b>	Svagt hærdnet Brun-podsol.	<b>USDA jordklassifikation</b>	Humic Psammentic Dystrudept
<b>Udgangsmateriale</b>	Moræneaflejringer	<b>Profil dybde</b>	120 cm
<b>UTM</b>	32 458862 6225605	<b>Dræningsklasse</b>	Moderat veldrænet jord
<b>Landskabsform</b>	Bakkeø	<b>Grundvandsdybde</b>	-
<b>Kort blad</b>	1114 IV NØ Spjald	<b>Vegetation</b>	Stub
<b>Kote</b>	17 m	<b>Max. rod dybde</b>	60 cm
<b>Topografi</b>	Svagt skrånende flade	<b>Beskriver</b>	Søren Torp & Steven Ashouti
<b>Hældning</b>	0-1°	<b>Dato</b>	12.9.2001
<b>Bemærkninger</b>	B- og C-horisonter har et hydromoftpræg med jernudfældninger og svagt afblegede pletter/områder.		

### Profilbeskrivelse



#### Ap ( 0-35 cm )

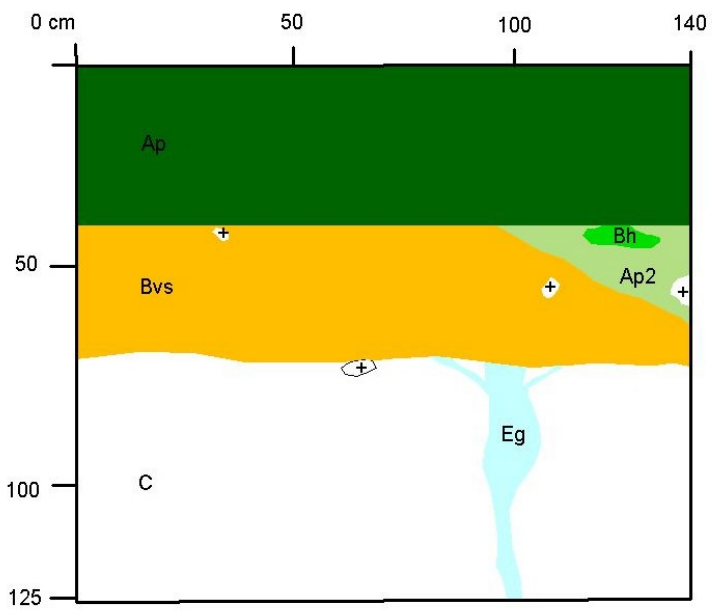
Sort (10YR 2/1 fugtig) siltet sand; humusholdig, 1 - 7 %; strukturløs; fugtig klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % blanding; små + mellem store sten af blandet form og blandede typer uden kalk; hyppige fine rødde; porer, 1 - 10 / dm<sup>2</sup> som orme- og rodgange; abrupt jævn horisontgrænse.

#### Bvs ( 35-68 cm )

Gullig brun (10YR 5/8 fugtig) siltet sand; der er horisontindblanding af farven sort (10YR 2/1); en del pletter, 2-20 % gullig brun (10YR 5/6 fugtig), pletterne er store, større end 15 mm, brogede med en diffus, større end 2 mm grænse og tydelig kontrast; humusfattig; moderat medium subangulær struktur; fugtig meget klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % blanding; små + mellem store sten af blandet form og blandede typer uden kalk; mindre end 5 vol % noduler, bløde + hårde, irregulære, Fe-oxider & hydroxider ( røde ); kontinuert svagt cementeret al-lag; meget få fine rødde; porer, 1 - 10 / dm<sup>2</sup> som orme- og rodgange; meget lidt plettet moderat coatings af tykke lerminerale (+ sesquioxider ) og humus rodgange; gradvis jævn horisontgrænse.

#### C ( 68-120 cm )

Gullig brun (10YR 5/4 fugtig) siltet sand; en del pletter, 2-20 % bleg gul (5Y 7/3 fugtig), pletterne er store, større end 15 mm, brogede med en diffus grænse, større end 2 mm og fremtrædende kontrast; desuden findes sekundære farvepletter af farven stærk brun (7,5YR 5/8 fugtig); humusfattig; svag medium subangulær struktur; fugtig klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % blandede; små + mellem store sten af blandet form og blandede typer uden kalk.



**Figur 5.6.** Skitse af jordbundsprofilet ved Hvingel. Symbolet + indikerer tilstedeværelsen af en større sten.

**Tabel 5.2.** Lokalitetsbeskrivelse, klassifikation og pedologisk horisontbeskrivelse for lokalitetsnr. 286 ved Lering (DJF profilnr. 3152)..

<b>Dansk jordklassifikation</b>	Pseudogley Brunsollesivejord	<b>USDA jordklassifikation</b>	Aquic Arenic Hapludult
<b>Udgangsmateriale</b>	Moræneaflejringer	<b>Profil dybde</b>	110 cm
<b>UTM</b>	32 458983 6224681	<b>Dræningsklasse</b>	Moderat veldrænet jord
<b>Landskabsform</b>	Bakkeø	<b>Grundvandsdybde</b>	-
<b>Kort blad</b>	1114 IV NØ Spjald	<b>Vegetation</b>	Ubevokset
<b>Kote</b>	25 m	<b>Max. rod dybde</b>	60 cm
<b>Topografi</b>	Meget svagt onduleret	<b>Beskriver</b>	Søren Torp & Steven Ashouti
<b>Hældning</b>	1-2°	<b>Dato</b>	12.9.2001
<b>Bemærkninger</b>	BC-horisont: Enkelte rødder følger pseudogley striber til ca. 80 cm. Sand fra 2 meters dybde.		

### Profilbeskrivelse



#### Ap ( 0-33 cm )

Meget mørk grålig brun (10YR 3/2 fugtig) lerholdigt siltet sand; humusholdig, 1 - 7 %; meget svag medium subangulær struktur; fugtig svagt klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % uforvitrede; små (2,0 - 7,5 cm) sten af overvejende afrundet form og blandede typer uden kalk; hyppige fine rødder; 1 - 10 / dm<sup>2</sup> orme- og rodgange; abrupt bølget horisontgrænse.

#### Bvt ( 33-57 cm )

Mørk gullig brun ( 10YR 4/4 fugtig ) lerholdigt siltet sand; en del pletter, 2-20 %, stærk brun (7,5YR 5/6 fugtig), pletterne er store, større end 15 mm, afrundede med en diffus, større end 2 mm grænse og svag kontrast; humusfattig; svag medium angulær struktur; fugtig svagt klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % uforvitrede; små (2,0 - 7,5 cm) sten af overvejende afrundet form og blandede typer uden kalk; mindre end 5 vol % noduler med en diameter mindre end 1 cm, bløde, blandede, Fe-oxider & hydroxider ( røde ) + Fe- og Mn-oxider; meget hyppige fine rødder; 10 - 40 / dm<sup>2</sup> orme- og rodgange; meget lidt plettet af moderat tykke coatings af lerminerale (+ sesquioxider ) og humus i rodgange; diffus bølget horisontgrænse.

#### BC(g) ( 57-110 cm )

Mørk gullig brun (10YR 4/4 fugtig) lerholdigt siltet sand; mange pletter, mere end 20 % stærk brun (7,5YR 5/6 fugtig), pletterne er store, større end 15 mm, lodret stribede med en klar, mindre end 2 mm grænse og fremtrædende kontrast; desuden findes sekundære farvepletter af farven lys gullig brun (2,5Y 6/3 fugtig); grålige gleyslirer på brun bund; humusfattig; moderat grov angulær struktur; klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % uforvitrede; små (2,0 - 7,5 cm) sten af overvejende afrundet form og blandede typer uden kalk; mindre end 5 vol % noduler med en diameter mindre end 1 cm, bløde, afrundede, Fe- og Mn-oxider & hydroxider ( sorte ).

**Tabel 5.3.** Lokalitetsbeskrivelse, klassifikation og pedologisk horisontbeskrivelse for lokalitetsnr. 287 ved Tovstrup (DJF profilnr. 3153).

<b>Dansk jordklassifikation</b>	Svagt hærtnet Ty-pipodsol.	<b>USDA jordklassifikation</b>	Humic Psammentic Dystrudept
<b>Udgangsmateriale</b>	Moræneaflejringer	<b>Profil dybde</b>	105 cm
<b>UTM</b>	32 458897 6223909	<b>Dræningsklasse</b>	Meget veldrænet jord
<b>Landskabsform</b>	Bakkeø	<b>Grundvandsdybde</b>	-
<b>Kort blad</b>	1114 IV NØ Spjald	<b>Vegetation</b>	Stub
<b>Kote</b>	21 m	<b>Max. rod dybde</b>	55 cm
<b>Topografi</b>	Svagt onduleret	<b>Beskriver</b>	Søren Torp & Steven Ashouti
<b>Hældning</b>	0-2°	<b>Dato</b>	12.9.2001
<b>Bemærkninger</b>	Morænesand/flydejord over smeltevandssand, lagdelt fra 55 cm. C-horisont indeholdt vandrette jernudfældninger med konkretioner.		
<b>Profilbeskrivelse</b>			
<b>Intet billede</b>	<p><b>Ap ( 0-28 cm )</b></p> <p>Sort (10YR 2/1 fugtig) siltet sand; humusholdig, 1 - 7 %; strukturløs; fugtig ikke klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % blandede; små + mellem store sten af overvejende afrundet form og blandede typer uden kalk; nogle fine rødder; abrupt jævn horisontgrænse.</p> <p><b>Bhs ( 28-43 cm )</b></p> <p>Meget mørk brun ( 7YR 2.5/2 fugtig ) siltet sand; humusholdig, 1 - 7 %; moderat medium subangulær struktur; fugtig klæbrig konsistens; 5 - 15 vol % blandede; små + mellem store sten af overvejende afrundet form og blandede typer uden kalk; kontinuert svagt cementeret al-lag; hyppige fine rødder; porer, 1 - 10 / dm<sup>2</sup> som orme- og rodgange; plettet af moderat tykke lerminerale (+ sesquioxider ) på aggregatoverflader; gradvis jævn horisontgrænse.</p> <p><b>Bs ( 43-60 cm )</b></p> <p>Stærk brun (7,5YR 5/6 fugtig) siltet sand; humusfattig; svag medium subangulær struktur; fugtig meget klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % blandede; små + mellem store sten af overvejende afrundet form og blandede typer uden kalk; kontinuert svagt cementeret al-lag; nogle fine rødder; porer, 1 - 10 / dm<sup>2</sup> som orme- og rodgange; gradvis jævn horisontgrænse</p> <p><b>C ( 60-95 cm )</b></p> <p>Lys gullig brun (10YR 6/4 fugtig) siltet sand; mange pletter, mere end 20 % mørk rødlig brun (5YR 3/4 fugtig), pletterne er, lodret stribede med en klar, mindre end 2 mm grænse og fremtrædende kontrast; humusfattig; strukturløs; fugtig ikke klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % blandede; små + mellem store sten af overvejende afrundet form og blandede typer uden kalk; 15 - 40 vol % noduler med en diameter større end 1 cm, bløde + hårde, blandede, Fe-oxider &amp; hydroxider ( røde ); stærkt diskontinuert, mindre end 50% cementeret stærkt cementeret al-lag.</p>		

**Tabel 5.4.** Lokalitetsbeskrivelse, klassifikation og pedologisk horisontbeskrivelse for lokalitetsnr. 288 ved Lomborg (DJF profilnr. 3155).

<b>Dansk jordklassifikation</b>	Fragi Typipodsol.	<b>USDA jordklassifikation</b>	Fragic Dystrudept
<b>Udgangsmateriale</b>	Moræneaflejringer	<b>Profil dybde</b>	110 cm
<b>UTM</b>	32 459014 6223506	<b>Dræningsklasse</b>	Moderat veldrænet
<b>Landskabsform</b>	Bakkeø	<b>Grundvandsdybde</b>	-
<b>Kort blad</b>	1114 IV NØ Spjald	<b>Vegetation</b>	Havre
<b>Kote</b>	23 m	<b>Max. rod dybde</b>	70 cm
<b>Topografi</b>	Meget svagt bakket	<b>Beskriver</b>	Søren Torp & Steven Ashouti
<b>Hældning</b>	0-1°	<b>Dato</b>	18.9.2001
<b>Bemærkninger</b>	Ingen		

### Profilbeskrivelse



#### Ap ( 0-34 cm )

Sort (10YR 2/1 fugtig) siltet finsand; humusholdig, 1 - 7 %; meget svag medium granulær struktur; fugtig svagt klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % uforvitrede; små, (2,0 - 7,5 cm) sten af overvejende afrundet form og blandede typer uden kalk; nogle rødder; porer, 1 - 10 / dm<sup>2</sup> som orme- og rodgange; abrupt jævn horisontgrænse.

#### Bhs ( 34-48 cm )

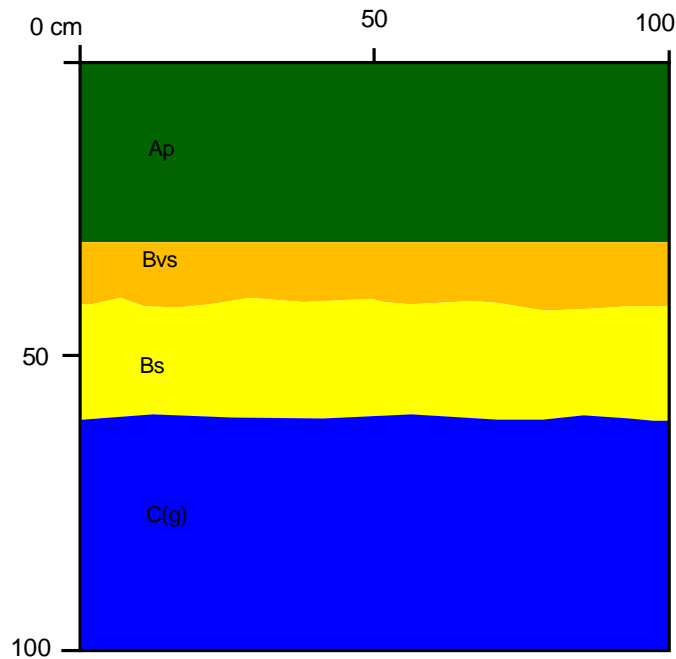
Sort (7.5 YR 2.5/1 fugtig) siltet finsand; humusfattig; meget svag medium subangulær struktur; fugtig svagt klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % uforvitrede; små, (2,0 - 7,5 cm) sten af overvejende afrundet form og blandede typer uden kalk; svagt cementeret al-lag; få rødder; porer, 1 - 10 / dm<sup>2</sup> som orme- og rodgange; meget lidt plettet af coatings som tykke lerminerale (+ sesquioxider ) og humus i rodgange; gradvis jævn horisontgrænse.

#### Bs ( 48-71 cm )

Mørk gullig brun (10YR 4/6 fugtig) siltet sand; humusfattig; moderat grov angulær struktur; fugtig meget klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % uforvitrede; små (2,0 - 7,5 cm) sten af overvejende afrundet form og blandede typer uden kalk; kontinuert massiv, ingen erkendelig struktur, fragipan; meget få rødder; 1 - 10 / dm<sup>2</sup> orme- og rodgange; meget lidt plettet tykke lerminerale (+ sesquioxider ) og humus i rodgange; diffus jævn horisontgrænse

#### C(g) ( 71-110 cm )

Gullig brun (10YR 5/8 fugtig) siltet sand; en del pletter, 2-20 % lys oliven brun (2,5Y 5/4 fugtig), pletterne er store, større end 15 mm, lodret stribede med en klar grænse, mindre end 2 mm og tydelig kontrast; gleypletter på brunlig eller gullig bund; humusfattig; moderat grov angulær struktur; fugtig meget klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % uforvitrede; små, (2,0 - 7,5 cm) sten af overvejende afrundet form og blandede typer uden kalk.



**Figur 5.7.** Skitse af jordbundprofil ved Lomborg. Farverne refererer til signaturforklaringen i appendiks 1.

### 5.3 Geologi

Vibeke Ernstsén (GEUS) og Peter Roll Jakobsen (GEUS)

Geologien i de 4 borerer ved Hvingel, Lering, Tovborg og Lomborg, der indgår i profillinien er beskrevet i figurerne 5.8-5.11. Boringen ved Astrup, der findes næsten midt på linien er præsenteret i figur 3.13. De fire borerer i profillinien, som udgør de reducerede program profiler, varierer i boreddybde fra 5 til 10 meter under terræn.

Ved den sydligste af lokaliteterne, Lomborg, findes vekslende lag af morænesand og smeltevandssand ned til 10 meter under terræn. Under muldlaget når det øverste sandlag ned til 2,8 meter ved Hvingel, til 1,2 meter ved Tovborg og til 0,95 meter ved Lering. Under dette lag optræder mere finkornede sedimenter af varierende tykkelse. Ved Tovborg er det siltholdige lag 0,6 meter tykt og efterfølges her af smeltevandssand ned til bunden af boreren i 5 meter. Ved Lering er morænelerslaget ca. 2 meter tykt og efterfølges her af smeltevandssand ned til 10 meter. Ved Hvingel bliver det finkornede lag afløst af glimmerholdigt sand.

Ved Tovborg og Lomborg fremstår sedimenterne med iltede, brunlige nuancer ned til henholdsvis 5 og 10 meter. Ved Hvingel er det ligeledes de iltede farvenuancer, der dominerer og kun fra 5,2-5,5 meter er farven beskrevet som værende grå. Ved Lering når de iltede lag ned til 7,6 meter hvorefter grå reducerede farver bliver almindelige.

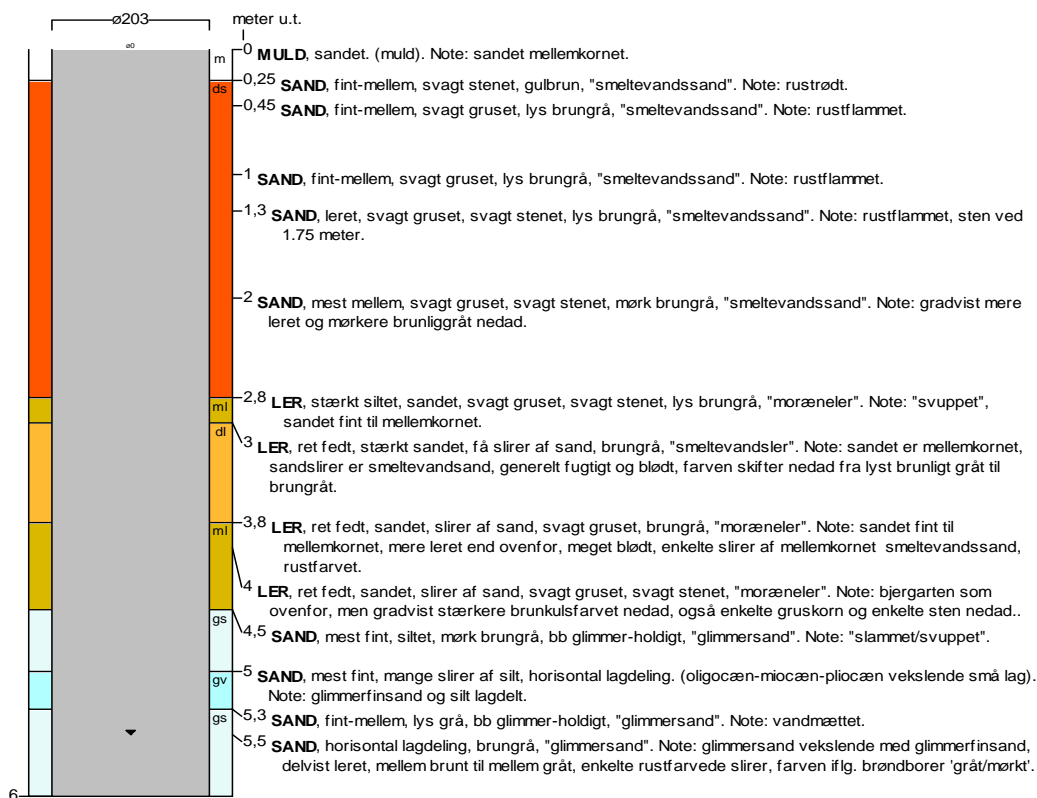
En yderlig beskrivelse af de fysiske og kemiske forhold i de undersøgte prøver fra boringerne findes i afsnit 5.4.



**BORERAPPORT**

**DGU arkivnr : 83. 1681**

<b>Borested</b> : Hvingelvej, Hvingel, Astrup KUPA, Bor. 285		<b>Kommune</b> : Ringkøbing <b>Amt</b> : Ringkøbing
<b>Boringsdato</b> : 18/9 2001	<b>Boringsdybde</b> : 6 meter	<b>Terrænkote</b> : 17,09 meter o. DNN
<b>Brøndborer</b> : Carl Bro A/S <b>MOB-nr</b> : <b>BB-journr</b> : <b>BB-bornr</b> :	<b>Prøver</b> <b>- modtaget</b> : <b>- beskrevet</b> : 18/9 2001 af : ENY/AGR <b>- antal gemt</b> : 0	
<b>Formål</b> : Undersøg./videnskab <b>Anvendelse</b> : Sløjfet/opgivet bor <b>Boremetode</b> :	<b>Kortblad</b> : 1114 IVNØ <b>UTM-zone</b> : 32 <b>UTM-koord.</b> : 458893, 6225601	<b>Datum</b> : ED50 <b>Koordinatkilde</b> : GEUS <b>Koordinatmetode</b> : KMS digitale kort
<b>Indtag 1</b> (seneste)	<b>Ro-vandstand</b> 5,5 meter u.t.	<b>Pejledato</b> 18/9 2001
<b>Notater</b> : Prøvebeskrivelsen udført i forbindelse med feltarbejde af Erik Nygård, en lille prøve for hver m.u.t. - indtastet af AGR		



**Figur 5.8.** Geologiske forhold ved lokaliteten Hvingel, lokalitetsnr. 285 (DGU arkivnr. 83.1681).

**BORERAPPORT**
**DGU arkivnr : 83. 1682**
**Borested** : Hvingelvej 26, Astrup

**Kommune** : Ringkøbing

KUPA, Bor. 286

**Amt** : Ringkøbing

**Boringsdato** : 18/9 2001

**Boringsdybde** : 10 meter

**Terrænkote** : 24,43 meter o. DNN

**Brøndborer** : Carl Bro A/S

**Prøver**
**MOB-nr** :

- modtaget :

**BB-journr** :

- beskrevet : 18/9 2002 af : ENY

**BB-bornr** :

- antal gemt : 0

**Formål** : Undersøg./videnskab

**Kortblad** : 1114 IVNØ

**Datum** : ED50

**Anvendelse** : Sløjfet/opgivet bor

**UTM-zone** : 32

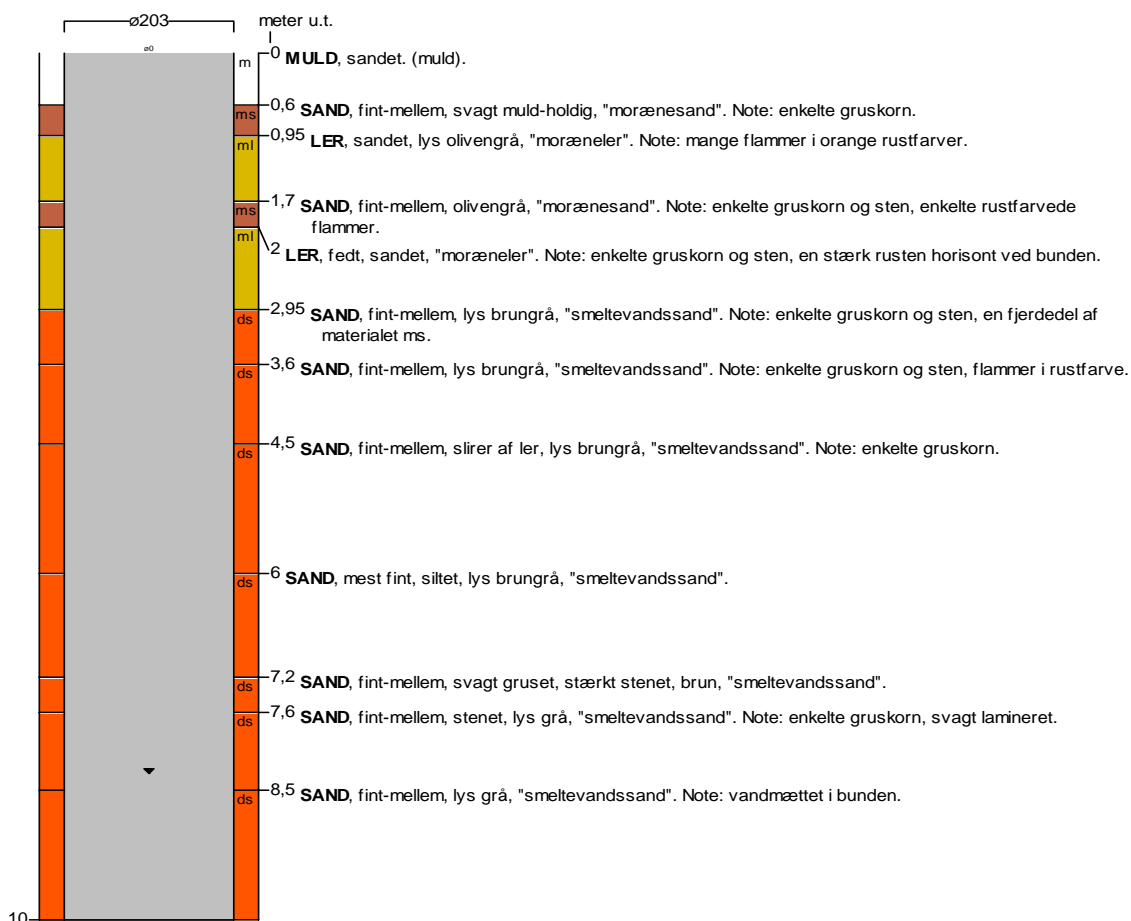
**Koordinatkilde** : GEUS

**Boremethode** :

**UTM-koord.** : 458939, 6224506

**Koordinatmetode** : KMS digitale kort

Indtag 1 (seneste)	Ro-vandstand	Pejledato	Ydelse	Sænkning	Pumpetid
	8,31 meter u.t.	19/9 2001			



**Figur 5.9.** Geologiske forhold ved lokaliteten Lering, lokalitetsnr. 286 (DGU arkivnr. 83.1682).



**BORERAPPORT**
**DGU arkivnr : 83. 1683**
**Borested** : Birkkærvej, Astrup

**Kommune** : Ringkøbing

KUPA, Bor. 287

**Amt** : Ringkøbing

**Boringsdato** : 18/9 2001

**Boringsdybde** : 5 meter

**Terrænkote** : 19,91 meter o. DNN

**Brøndborer** : Carl Bro A/S

**Prøver**
**MOB-nr** :

**- modtaget** :

**BB-journr** :

**- beskrevet** : 18/9 2001 af : ENY

**BB-bornr** :

**- antal gemt** : 0

**Formål** : Undersøg./videnskab

**Kortblad** : 1114 IVNØ

**Datum** : ED50

**Anvendelse** : Sløjfet/opgivet bor

**UTM-zone** : 32

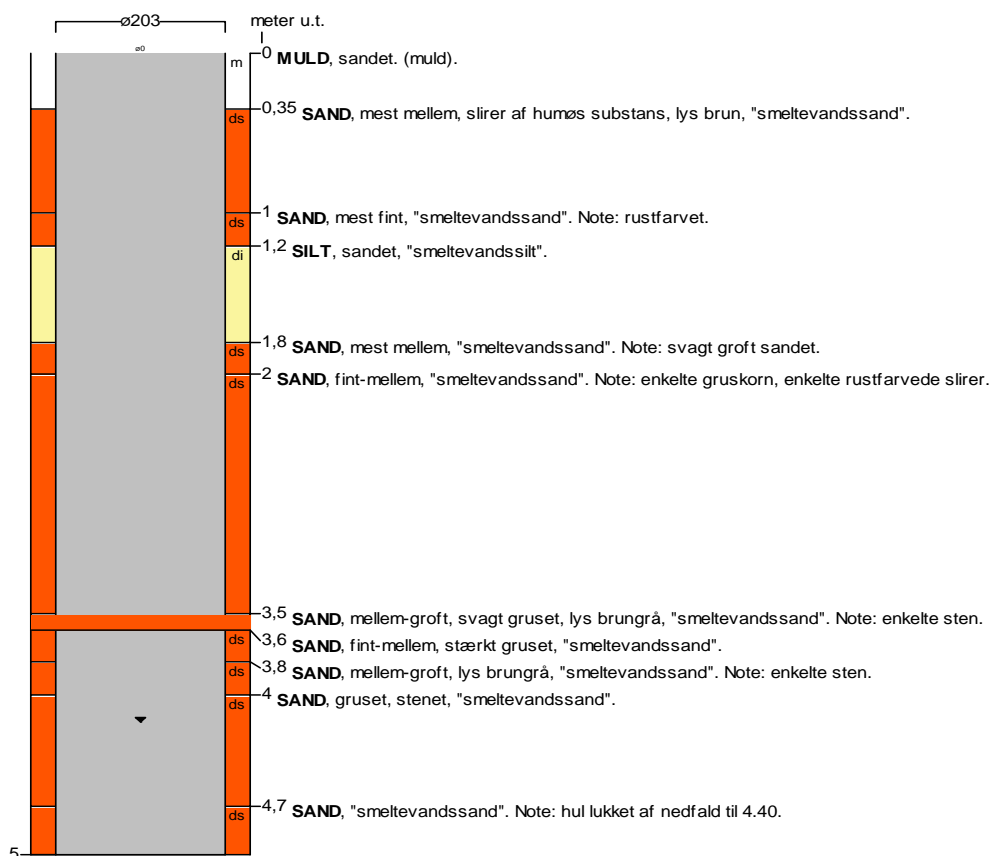
**Koordinatkilde** : GEUS

**Boremethode** :

**UTM-koord.** : 458875, 6223999

**Koordinatmethode** : KMS digitale kort

	Ro-vandstand	Pejledato	Ydelse	Sænkning	Pumpetid
Indtag 1 (seneste)	4,17 meter u.t.	18/9 2001			

**Notater** : Prøvebeskrivelse udført i felten af Erik Nygård, en lille prøve pr. m.u.t. - indtastet af AGR


**Figur 5.10.** Geologiske forhold ved lokaliteten Tovstrup, lokalitetsnr. 287 (DGU arkivnr. 83.1683).

**BORERAPPORT**
**DGU arkivnr : 83. 1684**
**Borested** : Sandalvej 1, Astrup  
 KUPA, Bor. 288

**Kommune** : Ringkøbing  
**Amt** : Ringkøbing

**Boringsdato** : 18/9 2001

**Boringsdybde** : 10 meter

**Terrænkote** : 22,6 meter o. DNN

**Brøndbore** : Carl Bro A/S  
**MOB-nr** :  
**BB-journr** :  
**BB-bornr** :

**Prøver**  
 - modtaget :  
 - beskrevet : 18/9 2001 af : ENY  
 - antal gemt : 0

**Formål** : Undersøg./videnskab  
**Anvendelse** : Sløjfet/opgivet bor  
**Boremethode** :

**Kortblad** : 1114 IVNØ  
**UTM-zone** : 32  
**UTM-koord.** : 459010, 6223503

**Datum** : ED50  
**Koordinatkilde** : GEUS  
**Koordinatmetode** : KMS digitale kort

Indtag 1 (seneste)	Ro-vandstand	Pejledato	Ydelse	Sænkning	Pumpetid
(seneste)	8,12 meter u.t.	18/9 2001			



Figur 5.11. Geologiske forhold ved lokaliteten Lomborg, lokalitetsnr. 288 (DGU arkiv nr. 83.1684).

## 5.4 Fysiske, kemiske og mineralogiske undersøgelser

Vibeke Erntsen, (GEUS) og Søren Torp, (DJF)

Fysiske, kemiske og mineralogiske forhold på de enkelte lokaliteter er bestemt ved en række parametre, der enten direkte menes at have betydning for udbredelsen af pesticider eller også indgår i beskrivelsen af de pedologiske forhold på pågældende sted. Analyseprogrammet for boringer gennemført langs profillinien omfatter kornstørrelsesbestemmelse, indhold af organisk stof, pH-værdier målt i henholdsvis vand og calcium chlorid, jern- og aluminium-forbindelser ekstraheret ved brug af henholdsvis natriumdithionit-natriumcitrat-natriumbicarbonat ( $Fe_{DCB}$  og  $Al_{DCB}$ ) og oxalat ( $Fe_{oxalat}$  og  $Al_{oxalat}$ ), ombyttelige kationer og sure brint-ioner, CEC og indhold af calciumcarbonat. Alle analyser er gennemført som enkeltbestemmelser. For en mere indgående beskrivelse af de anvendte analysemetoder henvises der til KUPA rapport nr. 2, Metoderapport (Barlebo et al. 2002). Prøverne der præsenteres i dette afsnit er analyseret efter et reduceret analyse-program (se kapitel 2) og omfatter som følge heraf maksimalt 5 prøver pr. lokalitet.

### 5.4.1 Lokaliteterne Hvingel, Lering, Tovborg og Lomborg

Analyseresultaterne for lokaliteterne Hvingel, Lering, Tovstrup og Lomborg fremgår af tabel 5.5 til 5.8.

#### 5.4.1.1 Hvingel lokaliteten

Lokaliteten ved Hvingel er beliggende ca. 800 meter nord for Astrup. Analyseresultaterne fra denne lokalitet er vist i tabel 5.5.

Den dominerende kornstørrelse i alle undersøgte prøver er groft mellemsand (200-500  $\mu\text{m}$ ), der udgør mellem 28 og 41 %. Desuden forekommer betydelige mængder fint (63-125  $\mu\text{m}$ ) og fint mellem sand (125-200  $\mu\text{m}$ ). Indholdet af ler varierer ned gennem profilen, 3,2 til 12,9 %. Ap horisonten har det laveste indhold af ler og er karakteriseret som JB2 type. De resterende horisonter og lag er af JB4 og JB6 type. Indholdet af organisk stof er højest (1,87 % C) i Ap horisonten, hvorefter indholdet aftager markant til 0,03 % C i 1,25 meter og 0,06 % C i 2,25 meter.

De undersøgte prøver fremstår kalkfrie. Fremskredne forvittringsprocesser resulterer i lave pH-værdier, omkring 4 målt i  $CaCl_2$ , i prøverne fra 1,25 og 2,25 meter og tilførsel af jordbrugskalk bevirker at pH i horisonterne længere oppe ligger over 5. Basemætningen varierer mellem 28 og 59 % og andelen af ombyttelig brint varierer i takt hermed. For alle prøver, med undtagen af dybden 0,85 m, er  $H^+$  den mest almindelige ombyttelige kation, men for prøven i C horisonten er det ombytteligt calcium der er den mest almindelige. CEC-værdien er 12  $\text{cmol kg}^{-1}$  i Ap horisonten og aftager til mellem 4 og 6  $\text{cmol kg}^{-1}$  i de dybere liggende horisonter og lag.

Omfanget af forvitnings- og jordbundsdannende processer kan erkendes i fordelingen af jern- og aluminiumforbindelser. Indholdet af Fe<sub>DCB</sub> stiger fra Ap-horisonten og ned i Bvs-horisonten, hvorefter indholdet aftager for atter at stige betydeligt til 5250 mg Fe kg<sup>-1</sup> i 2,256 meter. En stigning der antagelig knytter sig til de hydrologiske forhold på dette sted karakteriseret ved et forholdsvis overfladenært grundvandsspejl. Fordelingen af Al<sub>DCB</sub> er karakteriseret ved et lidt lavere indhold i Ap horisonten end i Bvs horisonten, hvorefter indholdet er generelt aftagende til et niveau på 500-600 mg Al kg<sup>-1</sup>.

**Table 5.5.** Analyseresultater for lokalitetsnr. 285 ved Hvingel, Astrup (DJF profil nr. 3151 og DGU arkivnr. 83.1681).

KUPA nr.	Navn	Dybde cm	Kornstørrelsesfordeling (% af < 2 mm fraktion)							% af totalprøve	
			<2	2-20	20-63	63-125	125-200	200-500	0,5-2	2-6,3	>6,3
			µm					Mm			
13-2-1-656	Ap	5	3,2	4,8	7,5	22,9	24,5	30,3	3,6	1,3	0,9
13-2-2-657	Bvs	50	8,4	9,1	9,3	16,8	15,0	32,2	8,8	5,1	11,4
13-2-3-658	C	85	12,9	7,6	10,1	13,7	18,9	28,2	8,4	5,0	1,3
13-2-4-659	C	125	7,6	2,9	6,0	17,1	18,5	40,8	7,0	2,7	0,5
13-2-5-660		225	12,9	6,6	10,4	13,7	18,0	28,4	9,9	4,1	0,5

KUPA nr.	JB-nr	Org. C %	pH (H <sub>2</sub> O) 1:1	PH (CaCl <sub>2</sub> ) 1:2,5	Fe <sub>oxalat</sub>	Al <sub>oxalat</sub>	Fe <sub>DCB</sub>	Al <sub>DCB</sub>	ODOE
					mg kg <sup>-1</sup>				
13-2-1-656	2	1,87	5,93	5,43	2686	1284	1912	1122	0,1971
13-2-2-657	4	0,25	6,32	5,63	3686	2061	3372	1821	0,0664
13-2-3-658	6	0,09	6,10	5,36	978	663	1122	641	0,0408
13-2-4-659	4	0,03	5,01	4,06	756	427	1945	502	0,0111
13-2-5-660	6	0,06	4,98	3,93	576	440	5250	590	0,0495

KUPA nr.	Ombyttelige kationer cmol kg <sup>-1</sup>							Base- mætning %	CaCO <sub>3</sub> %
	Ca	Mg	K	Na	Baser total	H <sup>+</sup>	CEC total		
13-2-1-656	4,70	0,29	0,14	0,10	5,23	6,73	11,96	44	0
13-2-2-657	1,75	0,10	0,18	0,03	2,06	4,16	6,22	33	0
13-2-3-658	3,20	0,28	0,02	0,04	3,54	2,50	6,04	59	0

13-2-4-659	0,86	0,09	0,11	0,01	1,07	2,78	3,85	28	0
13-2-5-660	1,48	1,39	0,18	0,03	3,08	3,48	6,56	47	0

#### 5.4.1.2 Lering lokaliteten

Lokaliteten ved Lering er beliggende ca. 400 meter øst for Astrup. Analyseresultaterne fra denne lokalitet er vist i tabel 5.6.

Den dominerende kornstørrelse i alle undersøgte prøver udtaget ned til 3,25 meter er groft mellemsand (200-500  $\mu\text{m}$ ), der udgør mellem 27 og 43 %. Desuden forekommer betydelige mængder fint (63-125  $\mu\text{m}$ ) og fint mellem sand (125-200  $\mu\text{m}$ ). Indholdet af ler varierer ned til 3,25 meter fra 4,7 til 15,4 %, hvor de højeste indhold er karakteristiske for lag der i forbindelse med den geologiske tolkning er beskrevet som moræneler. Ap horisonten har det laveste indhold af ler. Prøverne fra 5,25 m og 7,75 meter er beskrevet som smeltevands-sand. Disse prøver er velsorterede og består overvejende af groft mellemsand (200-500  $\mu\text{m}$ ) og kan klassificeres som JB1 type. Ligeledes Ap horisonten er af JB1 type, medens de øvrige horisonter og lag varierer mellem JB3, JB 5 og JB7. Indholdet af organisk stof er højest i Ap horisonten (1,47 % C), hvorefter indholdet aftager markant til 0,04 % C eller lavere fra 3,25 meter.

De undersøgte prøver fremstår kalkfrie. Fremskredne forvittringsprocesser resulterer i aftagende pH-værdier ned til prøven fra 1,0-1,5 meter, hvorefter pH-værdien stabiliseres omkring 4-4,6. Tilførsel af jordbrugskalk bevirker at pH-værdien ligger over 5 i Ap og Bvt horisonterne samt at basemætningen her er forholdsvis høje (44-57 %) hvorefter basemætningen aftager til mellem 4 og 36 %, med den laveste værdi i det nederste prøve af smeltevands-sand. Andelen af ombyttelig brint varierer i takt hermed. For alle prøver, med undtagen af Ap horisonten er  $\text{H}^+$  den mest almindelige, men for prøven fra Ap horisonten er det ombytteligt calcium der er den mest almindelige kation. CEC-værdien er omkring 11  $\text{cmol kg}^{-1}$  i Ap horisonten og ned til 0,9 meter, 5-8  $\text{cmol kg}^{-1}$  ned til 3,25 meter og ca. 1  $\text{cmol kg}^{-1}$  fra 5,25-7,25 meters dybde.

Omfanget af forvittrings- og jordbundsdannende processer kan erkendes i fordelingen af jern- og aluminiumforbindelser. Indholdet af  $\text{Fe}_{\text{DCB}}$  stiger i Bvs horisonten hvorefter indholdet aftager for atter at stige betydeligt til 5250  $\text{mg Fe kg}^{-1}$ . En stigning der antagelig knytter sig til de hydrologiske forhold på dette sted karakteriseret ved et forholdsvis overfladenært grundvandsspejl. Fordelingen af  $\text{Al}_{\text{DCB}}$  er karakteriseret ved et lidt lavere indhold i Ap horisonten end i Bvs horisonten, hvorefter indholdet aftager til 500-600  $\text{mg Al kg}^{-1}$ .

**Tabel 5.6.** Analyseresultater for lokalitetsnr. 286 ved Lering, Astrup (DJF profil nr. 3152 og DGU arkivnr. 83.1682).

KUPA nr.	Navn	Dybde cm	Kornstørrelsesfordeling (% af < 2 mm fraktion)							% af totalprøve	
			<2	2-20	20-63	63-125	125-200	200-500	0.5-2	2-6,3	>6,3
			µm							Mm	
13-2-1-661	Ap	20	4,7	5,3	7,1	22,4	17,9	33,8	6,3	2,0	1,6
13-2-2-662	Bvt	40	11,3	7,2	9,3	13,8	16,3	30,4	11,0	5,0	3,3
13-2-3-663	BC(g)	90	15,4	8,6	12,0	17,0	12,7	27,3	6,7	5,7	0,4
13-2-4-674	C	100-150	14,9	8,6	10,3	14,4	11,6	29,9	10,1	2,6	5,1
13-2-5-675		325	9,2	4,3	5,7	9,9	17,5	42,8	10,5	4,2	1,2
13-2-6-903		525	1,5	1,0	1,5	2,6	8,8	69,3	15,3	2,1	3,9
13-2-7-907		775	1,0	1,0	1,3	2,2	9,9	82,5	2,0	0,7	0,2

KUPA nr.	JB-nr	Org. C %	pH (H <sub>2</sub> O) 1:1	PH (CaCl <sub>2</sub> ) 1:2,5	Fe <sub>oxalat</sub>	Al <sub>oxalat</sub>	Fe <sub>DCB</sub>	Al <sub>DCB</sub>	ODOE
					mg kg <sup>-1</sup>				
13-2-1-661	1	1,47	6,40	5,37	4097	654	3504	711	0,1341
13-2-2-662	5	0,41	6,15	5,30	3876	2057	5381	1949	0,0686
13-2-3-663	7	0,18	5,21	4,22	3965	999	4919	1079	0,0428
13-2-4-674	5	0,11	4,91	3,92	3814	925	6177	964	0,0462
13-2-5-675	3	0,04	4,93	3,98	775	272	2849	335	0,0111
13-2-6-903	1	0,01	5,67	4,64	228	98	1178	92	0,0146
13-2-7-907	1	0,04	5,51	4,42	73	66	269	66	n.d.

KUPA nr.	Ombyttelige kationer cmol kg <sup>-1</sup>							Base mætning %	CaCO <sub>3</sub> %
	Ca	Mg	K	Na	Baser total	H <sup>+</sup>	CEC total		
13-2-1-661	5,88	0,41	0,22	0,05	6,56	5,01	11,57	57	0
13-2-2-662	4,28	0,49	0,22	0,03	5,02	6,41	11,43	44	0
13-2-3-663	3,15	0,49	0,18	0,05	3,87	6,79	10,66	36	0

13-2-4-674	1,18	0,19	0,18	0,03	1,58	6,81	8,39	19	0
13-2-5-675	0,58	0,26	0,13	0,01	0,98	3,61	4,59	21	0
13-2-6-903	0,14	0,18	0,03	0,00	0,35	0,61	0,96	36	0
13-2-7-907	0,01	0,03	0,01	0,00	0,05	1,34	1,39	4	0

### 5.4.1.3 Tovstrup lokaliteten

Lokaliteten ved Tovstrup er beliggende ca. 900 meter sydøst for Astrup. Analyseresultaterne fra denne lokalitet er vist i tabel 5.7.

Den dominerende kornstørrelse i alle undersøgte dybder er groft mellemsand (200-500  $\mu\text{m}$ ) med indhold på mellem 34 og 66 %. I Ap horisonten samt i prøven fra 2,25 m forekomme desuden betydelige indhold (45-50 %) af fint og fint mellem sand (63-500  $\mu\text{m}$ ). I 85 cm findes et betydeligt indhold (44 %) af groft sand (0,2-2 mm). Indholdet af ler er generelt lavt (< 5 %) på denne lokalitet. Med undtagelse af prøven fra 2,25 meter er alle andre dybder klassificeret som JB1 type. Prøven fra 2,25 meter er JB2 type. Indholdet af organisk stof er med 2,37 % C det højeste for denne lokalitet. Allerede i 0,45 meter er indholdet aftaget til 0,30 % C og fra 0,85 meter er indholdet generelt lavt, < 0,04 % C.

Prøverne fremstår kalkfrie og pH er generelt aftagende fra overfladen og ned til 2,25 m hvor pH (målt i  $\text{CaCl}_2$ ) er 4,36. En aftagende grad af forvitring betyder at pH (målt i  $\text{CaCl}_2$ ) stiger en anelse til 4,66 i 3,25 meters dybde. De forholdsvis høje pH værdier i de overfladenære horisonter skyldes tilførsel af jordbrugskalk. Opkalkningen betyder ligeledes en forholdsvis høj basemætning (48%) i Ap horisonten hvorefter den aftager betydeligt til < 10 % i 0,85 meters dybde og dybere ned. Ombyttelig brint er den mest almindelige ombyttelige kation i samtlige undersøgte dybder. CEC-værdien er 17  $\text{cmol kg}^{-1}$  i Ap horisonten og aftager til < 5  $\text{cmol kg}^{-1}$  i de underliggende horisonter og lag.

Indholdet af jernoxider, bestemt som  $\text{Fe}_{\text{DCB}}$ , er højest i Ap horisonten og aftager med tiltagende dybde. Indholdet af  $\text{Al}_{\text{DCB}}$  er omkring 1700 mg Al  $\text{kg}^{-1}$  i Ap og Bhs horisonterne hvorefter indholdet aftager betydeligt og varierer til mellem 293 og 632 mg Al  $\text{kg}^{-1}$ .

**Tabel 5.7.** Analyseresultater for lokalitetsnr. 287 ved Tovstrup, Astrup (DJF profil nr. 3153 og DGU arkivnr. 83.1683).

KUPA nr.	Navn	Dybde cm	Kornstørrelsesfordeling (% af fraktionen < 2 mm)							% af totalprøve	
			<2	2-20	20-63	63-125	125-200	200-500	0.5-2	2-6,3	>6,3
			$\mu\text{m}$						Mm		
13-2-1-666	Ap	10	3,7	4,8	3,8	21,4	23,1	34,2	5,0	1,0	7,8
13-2-2-667	Bhs	45	3,0	0,9	1,5	5,6	13,0	65,7	9,8	0,8	0,1

13-2-3-668	C	85	1,0	0,9	1,2	1,7	5,4	45,9	43,8	5,1	0,5
13-2-4-664		225	2,6	0,9	7,9	31,5	18,0	35,5	3,5	2,3	1,6
13-2-5-665		325	1,0	0,9	1,5	7,4	25,4	55,0	8,8	2,9	2,5

KUPA nr.	JB-nr	Org. C %	pH (H <sub>2</sub> O) 1:1	pH (CaCl <sub>2</sub> ) 1:2,5	Fe <sub>oxalat</sub>	Al <sub>oxalat</sub>	Fe <sub>DCB</sub>	Al <sub>DCB</sub>	ODOE
					mg kg <sup>-1</sup>				
13-2-1-666	1	2,37	5,98	5,38	4522	1602	4511	1735	0,6456
13-2-2-667	1	0,30	5,80	5,02	1288	1603	3424	1676	0,0945
13-2-3-668	1	0,02	5,58	4,87	110	329	2342	355	0,0061
13-2-4-664	2	0,04	5,31	4,36	386	585	1847	632	0,0119
13-2-5-665	1	0,01	5,33	4,66	185	411	759	293	0,0056

KUPA nr.	Ombyttelige kationer cmol kg <sup>-1</sup>							Base-mætning %	CaCO <sub>3</sub> %
	Ca	Mg	K	Na	Baser total	H <sup>+</sup>	CEC total		
13-2-1-666	7,45	0,70	0,10	0,07	8,32	9,05	17,37	48	0
13-2-2-667	0,47	0,06	0,06	0,00	0,59	4,40	4,99	12	0
13-2-3-668	0,03	0,01	0,02	0,00	0,06	0,88	0,94	6	0
13-2-4-664	0,09	0,04	0,07	0,03	0,23	2,29	2,52	9	0
13-2-5-665	0,00	0,01	0,03	0,00	0,04	0,98	1,02	4	0

#### 5.4.1.4 Lomborg lokaliteten

Lokaliteten ved Lomborg er beliggende ca. 1400 meter sydøst for Astrup. Analyseresultaterne fra denne lokalitet er vist i tabel 5.8.

Den dominerende kornstørrelsesfraktion for alle undersøgte prøver, med undtagelse af prøven fra 3,25 meters dybde, er groft mellemsand (200-500 µm), der udgør mellem 33 og 49 %. Samtidigt forekommer betydelige mængder fint og fint mellem sand (63-200 µm). Disse prøver består ifølge den geologiske beskrivelse af morænesand. Prøven fra 3,25 er beskrevet som smeltevandssand og groft mellemsand samt groft sand er dominerende i denne prøve, hvor disse to fraktioner udgør 84 %. Ler udgør mellem 5 og 8 % i morænesandet og 2 % i smeltevandssandet. Ap horisonten og prøven fra 3,25 meter er klassificeret



som JB1, og øvrige prøver som JB3 og JB4. Indholdet af organisk stof er 2,88 % i Ap horisonten, aftagende til 1,07 % C i Bhs horisonten og 0,01-0,02 % C fra 3,25 meter.

Prøverne fremstår kalkfrie og pH (målt i CaCl<sub>2</sub>) aftager fra 5,77 i Ap horisonten til 4,09 i 1,45 meters dybde, hvorefter pH bliver omkring 4. Tilførsel af landbrugskalk er årsagen til de forholdsvis høje pH-værdier i de overfladenære horisonter. Som følge af opkalkningen er basemætningen forholdsvis høj (56 %) i Ap horisonten, hvorefter den aftager til <10 % i C horisonten og i 3,25 meter for atter at stige til 50 % i 7,25 meter, hvor forvitringen har været mindre intens. I Ap horisonten og i 7,25 meter er calcium den mest almindelige ombyttelige kation mens brint er den mest almindelige i de resterende dybder. CEC-værdien er 13-18 cmol g<sup>-1</sup> i Ap og Bhs horisonterne og under 5 cmol g<sup>-1</sup> i de efterfølgende dybder.

Indholdet af frie jernoxider, Fe<sub>DCB</sub>, er forholdsvis højt i Ap og Bhs horisonterne (3197-4261 mg Fe kg<sup>-1</sup>), opnår et maksimalt indhold i C horisonten (9423 mg Fe kg<sup>-1</sup>), hvorefter indholdet atter aftager med tiltagende dybde (1382-2718 mg Fe kg<sup>-1</sup>). Indholdet af Al<sub>DCB</sub> er 1589 mg Al kg<sup>-1</sup> i Ap horisonten, stigende i Bhs horisonten (2486 mg Al kg<sup>-1</sup>) og herefter aftagende med dybden til 270 mg Al kg<sup>-1</sup> i 7,25 meter.

**Tabel 5.8.** Analyseresultater for lokalitetsnr. 288 ved Lomborg, Astrup (DJF profil nr. 3155 og DGU arkivnr. 83.1684).

KUPA nr.	Navn	Dybde	Kornstørrelsesfordeling (% af < 2 mm fraktion)							% af totalprøve	
			<2	2-20	20-63	63-125	125-200	200-500	0.5-2	2-6,3	>6,3
			cm	µm						Mm	
13-2-1-671	Ap	25	4,7	6,3	5,4	19,5	19,2	34,7	5,3	1,4	8,7
13-2-2-672	Bhs	47	7,2	3,8	5,4	18,5	22,3	33,3	7,7	1,5	1,0
13-2-4-669	C	100-145	8,1	2,4	4,8	10,0	13,4	49,2	12,0	5,0	0,7
13-2-5-670		325	2,1	0,9	1,6	5,0	6,3	63,7	20,4	7,2	3,7
13-2-6-906		725	6,7	5,8	7,7	12,6	16,2	37,6	13,4	3,4	4,2

KUPA nr.	JB-nr	Org. C %	pH (H <sub>2</sub> O) 1:1	pH (CaCl <sub>2</sub> ) 1:2,5	Fe <sub>Oxalat</sub>	Al <sub>Oxalat</sub>	Fe <sub>DCB</sub>	Al <sub>DCB</sub>	ODOE
					mg kg <sup>-1</sup>				
13-2-1-671	1	2,88	6,56	5,77	4447	1383	4261	1589	0,5938
13-2-2-672	4	1,07	6,29	5,43	3064	3143	3197	2486	0,2663
13-2-4-669	3	0,08	4,97	4,09	4009	1024	9423	1312	0,0338
13-2-5-670	1	0,02	5,15	4,42	509	363	2718	424	0,0080
13-2-6-906	3	0,01	5,21	3,99	510	271	1382	270	0,0107

KUPA nr.	Ombyttelige kationer cmol kg <sup>-1</sup>							Base mætning %	CaCO <sub>3</sub> %
	Ca	Mg	K	Na	Baser total	H <sup>+</sup>	CEC total		
13-2-1-671	9,25	0,81	0,21	0,07	10,34	8,14	18,48	56	0
13-2-2-672	3,28	0,26	0,19	0,03	3,76	9,58	13,34	28	0
13-2-4-669	0,32	0,05	0,07	0,01	0,45	4,42	4,87	9	0
13-2-5-670	0,05	0,01	0,03	0,00	0,09	1,34	1,43	6	0
13-2-6-906	0,50	1,13	0,09	0,01	1,73	1,74	3,47	50	0

#### 5.4.2 Sammenligning af fysiske og kemiske egenskaber

Lokaliteterne Hvingel, Lering, Tovborg og Lomborg ligger på en ca. 3 km lang profillinie, der strækker sig i nord-sydlig retning, og omtrent midtvej når gennem Astrup lokaliteten.

Alle lokaliteter har en kornstørrelsessammensætning med groft mellemsand (200-500 µm) som den dominerende fraktion. Desuden forekommer betydelige mængder fint sand (63-125 µm) og fint mellem sand (125-200 µm). I dybder med smeltevandssand er det primært fraktionerne fint mellem sand (125 og 200 µm) og groft mellemsand (200-500 µm), der er hyppigt forekommende. Indholdet af ler varierer meget på de undersøgte lokaliteter, men typisk indeholder morænesandet mere end 5 % ler hvor smeltevandssandet normalt indeholder mindre end 5 % ler. Den meget inhomogene natur af bakkehøens sedimenter betyder desuden at enkelte sedimentprøver indeholder mere end de 12 %, der normalt regnes som den øvre grænse for morænesand (Larsen et al., 1995). Med undtagelse af lokaliteten Hvingel, hvor Ap horisonten er af JB2 type, så er Ap horisonten på de resterende lokaliteter af JB1 type. Under Ap horisonten varierer JB klasserne meget for de undersøgte lag og horisonter i takt med ændringerne i kornstørrelsessammensætning.

Mængden af organisk stof er på alle fire lokaliteter højest i Ap horisonten hvor indholdet varierer mellem 1,47 % C og 2,88 % C. Det højeste indhold er målt ved Lomborg lokaliteten og det laveste ved Lering lokaliteten. På samtlige lokaliteter aftager indholdet af organisk stof markant indenfor den øverste meter hvorefter indholdet typisk er under 0,04 % C.

De undersøgte profiler er kalkfrie. Et stykke nede i profilerne, ofte indenfor intervallet 1,5 til 3 meter, træffes de laveste pH-værdier, der afspejler den dybde hvortil forvitningsprocesserne har været mest intensive. pH-værdierne er i denne dybde typisk omkring 4, og dybere nede stiger pH-værdierne svag hvilket falder sammen med en aftagende forvitningsintensitet her sammenlignet med længere oppe i profilet. I de overfladenære horisonter stiger pH-værdien, ofte til mellem 5,0 og 5,5, som følge af den anvendte landbrugspraksis med tilførsel af jordbrugskalk.

Tilførslen af kalk betyder dernæst også at basemætningen i de øverste horisonter er betydelig højere, ofte 45-60 % end i de dybere liggende horisonter og lag. I morænesand, som ved Hvingel og Lering, aftager basemætningen til 20-35%, mens basemætningen ved Tovborg og Lomborg hvor der også forekommer smeltevandssand, aftager til omkring 10 eller endnu lavere værdier. Det er således ofte brintionen, der under Ap horisonten bliver den mest almindelige ombyttelige kation. I lag der opkalkes eller hvor forvittringsintensiteten har været forholdsvis ringe bliver calcium den mest almindelige ombyttelige kation. Kationombytningskapaciteten (CEC) er normalt størst for Ap horisonten, hvor den varierer mellem 12 og 18 cmol kg<sup>-1</sup> hvorefter CEC-værdien normalt aftager markant, typisk til under 5 cmol kg<sup>-1</sup>. Ved Lering er forbliver CEC-værdien imidlertid høj ikke blot i Ap horisonten men også i den underliggende Bvt og BC(g) horisonter, hvor værdien forbliver uændret. Ligeledes ved Lomborg forbliver CEC-værdien markant højere i Bhs horisonten end i den efterfølgende C horisont og dybere lag.

Ved Hvingel, Lering og Lomborg er koncentrationen af jernoxider, Fe<sub>DCB</sub>, højest i B horisonten som en del af den naturlige jordbundsudvikling. Ved Tovborg og tildels også Lomborg er indholdet størst i Ap-horisonten og dette skyldes antagelig at der ved opdyrkningen er sket en kraftig opblanding med det underliggende materiale fra B horisonten. Ved Lering synes de lokale hydrologiske forhold ligeledes at spille en rolle for fordelingen og indholdet af Fe<sub>DCB</sub>,

Ved Tovborg ses opblanding og tilskud af materiale fra den underliggende B horisont ligeledes ved høje indhold af Al<sub>DCB</sub> i såvel Ap som i Bhs horisonten. For de øvrige tre lokaliteter måles det højeste indhold af Al<sub>DCB</sub> i B horisonterne, hvorefter koncentrationen er generelt aftagende som følge af bl.a. aftagende forvittringsintensitet.

## 5.5 Hydraulik

Forfattere: Bo Vangsø Iversen og Ole Hørbye Jacobsen

I forbindelse med profillinieundersøgelserne blev der udtaget fem små retentionsringe (100 cm<sup>3</sup>) i Ap-, B- og C-horisonten samt i borerne. Prøveudtagningsdybderne fremgår af tabel 5.5 – 5.8.

### 5.5.1 Volumenvægt

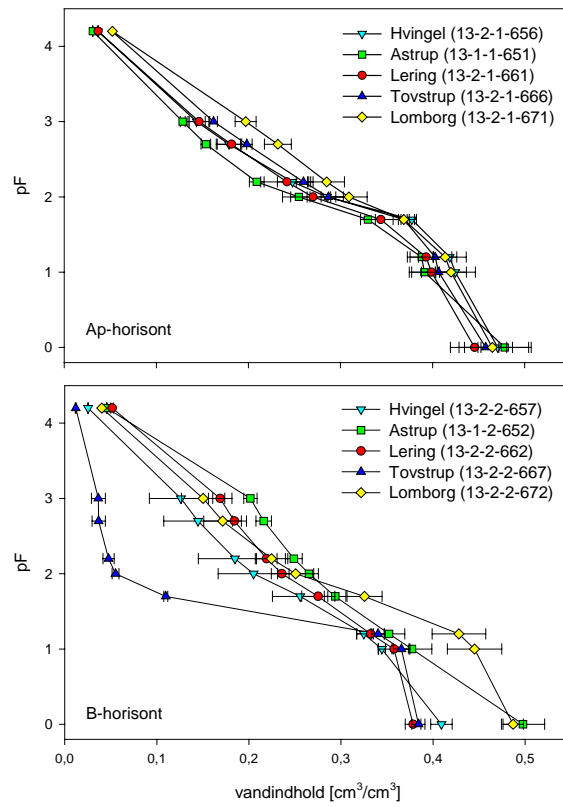
Tabel 5.9 viser værdierne for jordens volumenvægt ved de fire lokaliteter. Værdierne viser generelt et typisk forløb med de laveste værdier i den relativt løst bearbejdede, organiskholdige Ap-horisont og med et stigende forløb i dybden. De to borer ved Lering skiller sig lidt ud fra de andre borer ved deres relativt lave volumenvægte.

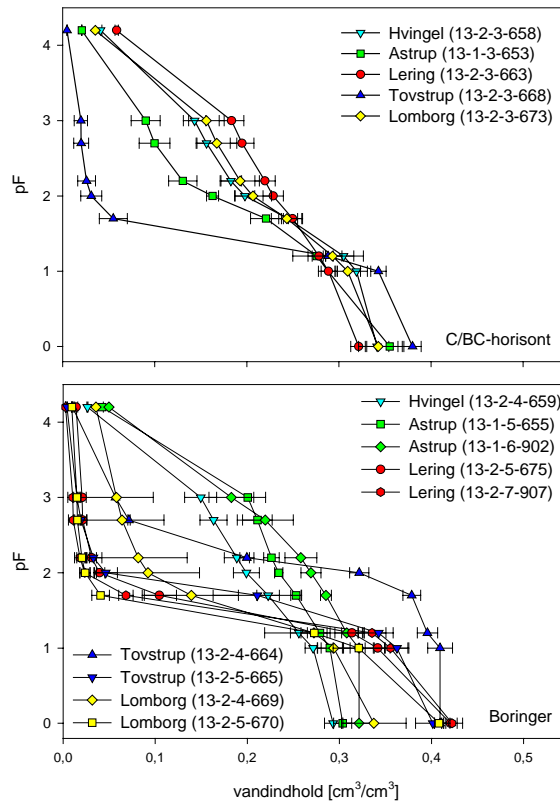
**Table 5.9.** Volumenvægt (g/cm<sup>3</sup>) målt på 100-cm<sup>3</sup> retentionsringe (n=5).

Horisont	Hvingel			Lering		
	Prøve-nummer	volumen-vægt (g/cm <sup>3</sup> )	std.afv.	Prøvenummer	Volumen-vægt (g/cm <sup>3</sup> )	std.afv.
Ap	13-2-1-656	1,40	0,10	13-2-1-661	1,47	0,07
B	13-2-2-657	1,57	0,03	13-2-2-662	1,65	0,02
C	13-2-3-658	1,75	0,03	13-2-3-663	1,80	0,02
Boring	13-2-4-659	1,87	0,03	13-2-5-675	1,54	0,02
Boring	-	-	-	13-2-7-907	1,53	0,03
	Tovstrup			Lomborg		
Ap	13-2-1-666	1,44	0,08	13-2-1-671	1,42	0,04
B	13-2-2-667	1,63	0,02	13-2-2-672	1,36	0,03
C	13-2-3-668	1,64	0,02	13-2-3-673	1,74	0,06
Boring	13-2-4-664	1,68	0,02	13-2-4-669	1,76	0,09
Boring	13-2-5-665	1,59	0,05	13-2-5-670	1,57	0,01

### 5.5.2 Vandretention

Resultaterne for vandretention er vist på fig. 5.12 (inklusive resultaterne fra retentionsmålingerne ved Astrup i forbindelse med det fulde undersøgelsesprogram). For de øverste horisonter (Ap, B og C) udviser alle lokaliteterne et jævnt afdræningsforløb. I B- og C-horisonten skiller Tovstrup sig dog ud ved at udvise en kraftig afdræning fra pF 1,2. Dette stemmer fint overens med, at horisonterne ved denne lokalitet har et markant højere indhold af grovsand og et lavere indhold af silt og ler sammenlignet med de fire andre lokaliteter. For de dybe borer er der stor forskelle i afdræningsforløbene mellem enkelte af lokaliteterne. Lering, Tovstrup og Lomborg udviser en kraftig afdræning fra omkring pF 1, hvorimod Hvingel og Astrup udviser en markant højere vandholdningskapacitet. Det er dog svært at se nogen tydelig forskel mellem retentionsforløbet og de målte teksturfordelinger, hvilket muligvis skyldes, at prøven til teksturbestemmelse ikke er udtaget i den intakte boreprøve, hvor retentionsringene blev udtaget, men er udtaget i efterfølgende prøve i forbindelse med boringen på lokaliteten.

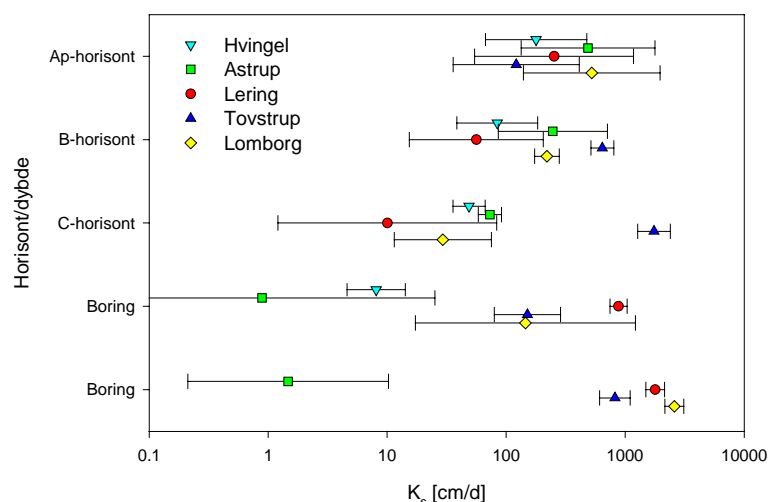




**Figur 5.12.** Data for vandretention målt på intakte 100-cm<sup>3</sup> prøver (n = 5). Fejllinjerne viser ±1 standardafvigelse.

### 5.5.3 Mættet hydraulisk ledningsevne

Fig. 5.13 viser værdierne for den mættede hydrauliske ledningsevne målt ned gennem profilet (inklusiv resultaterne fra Astrup i forbindelse med det fulde undersøgelsesprogram). I B- og C-horizonten skiller den grovsandede jord ved Tovstrup sig ud fra de andre lokaliteter ved at have høje værdier. Målingerne i boringerne ved Astrup er markant lavere end målingerne ved de fire andre lokaliteter. Med undtagelse af målinger for Tovstrup falder den mættede hydrauliske ledningsevne ned gennem den øverste del af profilet (Ap-, B- og C-horizonten).



**Figur 5.13.** Mættet hydraulisk ledningsevne ( $K_s$ ,  $n = 5$ ) målt på små retentionsringe. Fejl-linjerne viser  $\pm 1$  standardafvigelse.

### 5.5.4 Anvendelighed af hydrauliske data

De hydrauliske datas anvendelighed og usikkerhed er i høj grad relateret til det udtagne jordvolumens repræsentativitet for jordtypen. Målinger af vandretention er den hydrauliske måling, der er mindst følsom overfor prøvestørrelsen. For målinger af den mættede hydrauliske ledningsevne stiger betydningen af prøvestørrelsen. Målinger af den mættede hydrauliske ledningsevne er den måling, der er mest følsom overfor den valgte prøvestørrelse, da denne måling indbefatter målinger på det totale udsnit af jordens porer og dermed også indbefatter jordens største porer. Såfremt den valgte prøvestørrelse er for lille stiger usikkerheden for, at prøven ikke indeholder et repræsentativt udsnit af jordens porer. Sandede jorde har dog generelt en ringe struktur og dermed et ringe indhold af store porer (makroporer). Derfor må det antages, at de anvendte prøvestørrelser i forbindelse med målingerne på morænesand på bakkeøerne har været repræsentative for jordtypen. Vandretentionsmålingerne dækker området fra fuld mætning til planternes visnegrænse (pF 4,2).

## 5.6 Mikrobiologi

Ulla Catrine Brinch (GEUS), Jim Rasmussen (GEUS) og Carsten Suhr Jacobsen (GEUS)

I profillinie prøverne (tabel 5.10) er der bestemt antal dyrkbare bakterier på 1/300 TSA samt Goulds S1 agar, som udtryk for det mikrobiologiske potentiale for nedbrydning. Resultaterne er vist i tabel 5.11. I alle prøver er der desuden gennemført kvalitativ måling af acetatmineralisering for at undersøge om der findes mikrobiologisk aktivitet i de aktuelle jordprøver, der undersøges for pesticidmineralisering. Acetatmineralisering foregik i alle tilfælde (data ikke vist).

**Table 5.10.** Lokalitetsnavn, profil, dybde og horisont for de udtagne prøver

Profil	Astrup (fuld profil)			Hvingel			Lering			Tovstrup			Lomborg		
	284			285			286			287			288		
		Cm	Nr		cm	nr		cm	nr		cm	Nr		Cm	nr
Dybde 1	Ap	13-23	651	Ap	10	656	Ap	20	661	Ap	10	666	Ap	25	671
Dybde 2	Bhs	54-74	652	Bvs	50	657	Bvt	40	662	Bhs	45	667	Bhs	47	672
Dybde 3	C	85-105	653	C	85	658	BC	100	663	C	85	668	C	85	<b>673</b>
Dybde 4	bor	90-110	<b>654</b>	C	100-150	659	C		674	Bor	200	664	Bor	100-145	669
Dybde 5	bor	150-200	655	bor	200	660	bor	300-350	675	bor	300-345	665	Bor	350	670
Dybde 6	bor	250-300	902				bor	750	903				Bor		906
Dybde 7							bor	750-800	907						



**Tabel 5.11.** Mikrobiologiske målinger i profillinie ved Astrup (for nærmere beskrivelse af prøverne se første tabel i næste afsnittet: Stofspecifikke målinger).

Profil	Antal dyrkbare bakterier på 1/300 TSA									
	284		285		286		287		288	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	6x10 <sup>6</sup>	2x10 <sup>6</sup>	6x10 <sup>6</sup>	2x10 <sup>6</sup>	7x10 <sup>6</sup>	3x10 <sup>6</sup>	1x10 <sup>7</sup>	2x10 <sup>6</sup>	-	-
Dybde 2	2x10 <sup>6</sup>	4x10 <sup>5</sup>	2x10 <sup>5</sup>	4x10 <sup>4</sup>	2x10 <sup>6</sup>	1x10 <sup>6</sup>	6x10 <sup>5</sup>	2x10 <sup>5</sup>	-	-
Dybde 3	5x10 <sup>5</sup>	2x10 <sup>5</sup>	2x10 <sup>5</sup>	4x10 <sup>4</sup>	1x10 <sup>6</sup>	3x10 <sup>5</sup>	1x10 <sup>3</sup>	1x10 <sup>3</sup>	-	-
Dybde 4	-	-	3x10 <sup>5</sup>	3x10 <sup>4</sup>	5x10 <sup>4</sup>	4x10 <sup>4</sup>	2x10 <sup>6</sup>	5x10 <sup>5</sup>	4x10 <sup>5</sup>	2x10 <sup>5</sup>
Dybde 5	6x10 <sup>2</sup>	9x10 <sup>2</sup>	1x10 <sup>5</sup>	1x10 <sup>4</sup>	1x10 <sup>4</sup>	4x10 <sup>3</sup>	2x10 <sup>6</sup>	2x10 <sup>5</sup>	<1000	
Dybde 6	4x10 <sup>3</sup>	2x10 <sup>3</sup>	-	-	2x10 <sup>4</sup>	3x10 <sup>3</sup>	-	-	2x10 <sup>5</sup>	5x10 <sup>4</sup>
Dybde 7	-	-	-	-	<1000		-	-	-	-

Profil	Antal dyrkbare bakterier på Goulds S1 agar									
	284		285		286		287		288	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	3x10 <sup>5</sup>	5x10 <sup>4</sup>	6x10 <sup>4</sup>	2x10 <sup>4</sup>	7x10 <sup>4</sup>	1x10 <sup>4</sup>	1x10 <sup>5</sup>	3x10 <sup>4</sup>	-	-
Dybde 2	3x10 <sup>4</sup>	6x10 <sup>3</sup>	1x10 <sup>3</sup>	6x10 <sup>2</sup>	4x10 <sup>4</sup>	2x10 <sup>4</sup>	<100		-	-
Dybde 3	8x10 <sup>2</sup>	3x10 <sup>2</sup>	7x10 <sup>3</sup>	2x10 <sup>2</sup>	2x10 <sup>3</sup>	5x10 <sup>2</sup>	<100		-	-
Dybde 4	-	-	<100		<100		<100		<100	
Dybde 5	<100		<100		<100		<100		<100	
Dybde 6	<100		-	-	<100		-	-	4x10 <sup>1</sup>	6x10 <sup>1</sup>
Dybde 7	-	-	-	-	<100		-	-	-	-

## 5.7 Stofspecifikke parametre

I profillinie er der bestemt Kd værdier og mineralisering af de fire stoffer: MCPA, methyltriazinamin, metribuzin og glyphosat .

- Kd-værdien, der er et udtryk for hvor stærkt pesticidet bindes til jorden, jo højere Kd-værdi des mindre pesticid, er der tilstede i jordvæsken.
- M64d – hvor meget af det <sup>14</sup>C (tilsat som pesticid), der er genfundet som <sup>14</sup>C-CO<sub>2</sub> efter 64 dage. Jo højere M64d værdi des mere af det tilsatte pesticid er fuldstændigt nedbrudt (mineraliseret).

### 5.7.1 Pesticidernes binding

Carsten Suhr Jacobsen (GEUS) og Ulla Catrine Brinch (GEUS)

De fire pesticiders binding til jorden i fuld profil fra Astrup og de fire profillinie borer er vist i tabel 5.12. I forbindelse med registrering af de fire stoffers bindingsforhold til jord har vi i projektet anvendt radioaktive isotoper. Da radioaktive isotopers renhed aldrig kan være 100%, skal vi gøre opmærksom på, at alle Kd værdier for metyltriazinamin og MCPA, der

er under 0.1 og over 15 ikke er kvantitative. Tilsvarende er alle Kd værdier under 0,1 og over 7 for metribuzin samt under 0,1 og over 160 for glyphosat ikke kvantitative. Disse værdier anvendes derfor ikke ved yderligere modellering i projektet, men er medtaget her med angivelse af statistisk usikkerhed, fordi de alligevel giver en nyttig information om variationen i stoffernes eller deres metabolitters bindingsforhold.

**Tabel 5.12.** Kd værdier for MCPA, methyltriazinamin, metribuzin og glyphosat bestemt på profilinie fra Astrup.

Profil	Kd værdi MCPA									
	284		285		286		287		288	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	1,9	0,10	2,7	0,06	1,5	0,15	3,4	0,06	2,7	0,09
Dybde 2	1,8	0,02	0,21	0,01	0,18	0,01	0,89	0,01	1,6	0,03
Dybde 3	0,38	0,004	0,07	0,01	0,37	0,01	0,04	0,01		
Dybde 4	0,45	0,03	0,32	0,01	0,22	0,01	0,62	0,03	0,84	0,02
Dybde 5	0,55	0,03	1,1	0,01	0,08	0,004	0,14	0,02	0,38	0,02
Dybde 6	0,66	0,01	-	-	0,04	0,01	-	-	0,29	0,01
Dybde 7	-	-	-	-	0,04	0,01	-	-	-	-

Profil	Kd værdi methyltriazinamin									
	284		285		286		287		288	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	5,1	1,4	6,4	0,33	7,3	0,15	6,9	0,86	5,04	0,86
Dybde 2	25	0,29	23	1,3	39	0,74	6,8	0,33	13	0,59
Dybde 3	110	4,8	366	16	871	109	2,3	0,30		
Dybde 4	0,22	0,01	1894	421	211	29	782	72	2780	1425
Dybde 5	4442	1302	3155	416	12	0,38	20	3,8	1158	203
Dybde 6	2568	818	-	-	6,5	0,54	-	-	1144	154
Dybde 7	-	-	-	-	0,64	0,05	-	-	-	-

Profil	Kd værdi metribuzin									
	284		285		286		287		288	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	1,1	0,01	1,4	0,18	1,2	0,04	1,7	0,04	1,8	0,09
Dybde 2	0,19	0,01	0,14	0,004	0,20	0,004	0,14	0,002	0,49	0,01
Dybde 3	0,10	0,01	0,24	0,01	0,25	0,004	0,04	0,01		
Dybde 4	0,03	0,01	0,22	0,003	0,06	0,01	0,13	0,01	0,30	0,03
Dybde 5	0,38	0,01	0,76	0,033	0,02	0,002	0,02	0,005	0,13	0,01
Dybde 6	0,47	0,01	-	-	0,01	0,01	-	-	0,14	0,01
Dybde 7	-	-	-	-	0,01	0,002	-	-	-	-

Profil	Kd værdi glyphosat									
	284		285		286		287		288	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	159	37	640	22	900	131	807	55	738	34
Dybde 2	2882	54	97	5	834	19	688	13	3548	438
Dybde 3	1924	286	2141	188	654	12	688	45		
Dybde 4	133	8,9	3292	515	1865	233	1776	126	4079	132
Dybde 5	2741	81	4029	647	2083	58	1223	56	2622	170
Dybde 6	3080	193	-	-	1365	131	-	-	2530	117
Dybde 7	-	-	-	-	926	86	-	-	-	-

Stoffernes binding til jorden (bestemt som Kd-værdier) følger i de fire profiler 285-288 i det store og hele den binding vi har fundet i Astrup profilet (lokalitetsnr. 284). Generelt er sorptionen af MCPA og metribuzin højest i overjord, med meget lav binding i underjorde. For glyphosat og methyltriazinamin ses generelt en høj sorption gennem hele profilet.

### 5.7.2 Stoffernes mineralisering

Carsten Suhr Jacobsen (GEUS), Jim Rasmussen (GEUS) og Ulla Catrine Brinch (GEUS)

De fire pesticiders mineralisering i de fire profillinieboringer er vist i tabel 5.13. I forbindelse med registrering af de fire stoffers mineraliseringsforhold har vi i projektet anvendt radioaktive isotoper. Da radioaktive isotopers renhed aldrig kan være 100%, skal vi gøre opmærksom på, at alle M64 værdier, der er akkumuleret til under 1,6 % ikke er kvantitative. Disse data anvendes derfor ikke ved yderligere modellering i projektet, men er medtaget her, fordi de alligevel giver en nyttig information om variationen i stoffernes eller deres metabolitters mineralisering.

**Tabel 5.13.** M64d værdier for MCPA, methyltriazinamin, metribuzin og glyphosat bestemt på profillinie fra Astrup.

Profil	M64d værdi MCPA				
	284	285	286	287	288
Dybde	Gns	Gns	Gns	Gns	Gns
Dybde 1	18	39	37	41	19
Dybde 2	38	55	57	59	55
Dybde 3	35	55	38	39	0,3
Dybde 4	-	9,6	55	4,7	0,3
Dybde 5	0,6	0,2	58	34	0,1
Dybde 6	0,8	-	22	-	30
Dybde 7	-	-	60	-	-

Profil	M64d værdi methyltriazinamin				
	284	285	286	287	288
Dybde	Gns	Gns	Gns	Gns	Gns
Dybde 1	0,25	0,46	0,34	0,26	0,40
Dybde 2	0,05	0,26	0,11	0,05	0,20
Dybde 3	0,02	0,08	0,04	0,03	0,03
Dybde 4	-	0,04	0,02	0,03	0,03
Dybde 5	0,004	0,12	0,14	0,03	0,04
Dybde 6	0,01	-	0,03	-	0,10
Dybde 7	-	-	0,06	-	-

Profil	M64d værdi metribuzin				
	284	285	286	287	288
Dybde	Gns	Gns	Gns	Gns	Gns
Dybde 1	0,30	0,36	0,30	0,25	0,23
Dybde 2	0,17	0,15	0,25	0,10	0,12
Dybde 3	0,14	0,10	0,18	0,07	0,07
Dybde 4	-	0,04	0,04	0,07	0,04
Dybde 5	0,03	0,08	0,11	0,05	0,06
Dybde 6	0,04	-	0,02	-	0,09
Dybde 7	-	-	0,09	-	-

Profil	M64d værdi glyphosat				
	284	285	286	287	288
Dybde	Gns	Gns	Gns	Gns	Gns
Dybde 1	3,5	0,92	9,4	1,3	1,7
Dybde 2	0,13	1,1	1,5	0,24	0,16
Dybde 3	0,13	0,95	0,26	1,2	0,12
Dybde 4	-	0,18	0,22	1,6	0,14
Dybde 5	0,11	0,26	0,14	1,1	0,75
Dybde 6	0,12	-	0,44	-	0,96
Dybde 7	-	-	1,4	-	-

Mineraliseringen af stofferne methyltriazinamin og metribuzin følger i de fire profilinieboringer (Hvingel, Lering, Towstrup og Lomborg) det billedet fra Astrup, forsvindende lille i alle dybder.

For Glyphosat ses for den fulde profil fra Astrup (lokalitetsnr. 284) en mineralisering i overjorden, mens mineraliseringen i de lavere dybder er forsvindende. For profilinieboringerne er det kun Lering (lokalitetsnr. 286) der nogenlunde følger samme billede. For de øvrige boringer ligger M64 værdierne omkring 1 procent gennem hele profilet.

Mineraliseringen af MCPA i den fulde profil fra Astrup har et højt niveau i de øverste 3 dybder og er forsvindende i de to laveste. Hvingel (lokalitetsnr. 285) og Lomborg (lokalitetsnr. 288) boringerne følger stort set samme mønster, hvor der dog ses en betydelig mineralisering i dybde 6 fra boringen ved Lomborg. For Lering (lokalitetsnr. 286) og Towstrup (lokalitetsnr. 287) ses en høj mineralisering gennem hele profilet.

## Referencer


















- Barlebo, H.C. (Red.), 2002: Barlebo, H.C., Brinch, U.C., Elsgaard, L., Ernstsens, V., Greve, M.H., Iversen, B.V., Jacobsen, C.S., Jacobsen, O.H., Jakobsen, P.R., Juhler, R.K., Møller, I., Nygaard, E., Olesen, S.E., Torp, S., Vinther, F.P. og Vosgerau, H.: Undersøgelser- og analysemetoder i forbindelse med undersøgelser af sandlokaliteter: Hvilke metoder er anvendt, og hvilke overvejelser er gjort? Koncept for Udpegning af Pesticidfølsomme Arealer, Projektrapport nr. 2, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse og Danmarks JordbrugsForskning, 62 s.
- Larsen, G., Frederiksen, J., Villumsen, A., Fredericia, J., Gravesen, P., Foged, N., Knudsen, B., & Baumann, J. 1995. Vejledning i Ingeniørgeologisk prøvebeskrivelse. Dansk Geoteknisk Forening.
- Loll, P, Moldrup, P, Schjønning, P. & Riley, H. 1999. Predicting saturated hydraulic conductivity from air permeability: Application in stochastic water infiltration modeling. *Water Resources Research* 35 (8), 2387-2400.
- Møller, I., 2001: Geofysik i umættet zone: En vurdering af metoder og instrumentsystemers egnethed til kortlægning af den umættede zone. Koncept for Udpegning af Pesticidfølsomme Arealer (KUPA), Rapport nr. 1, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse og Danmarks JordbrugsForskning, 85 s.
- Nehmdahl, H. 2000. Kortlægning af jordbundsvariationen - geoelektriske målinger med EM38, *Geologisk Nyt* Nr. 2.
- Nygaard, E. (Red.), 2004: Brinch, U.C., Børgesen, C.D., Christensen, P., Elsgaard, L., Ernstsens, V., Greve, M.H., Hag, M.P., Hansen, B.S., Helweg, A., Iversen, B.V., Jacobsen, C.S., Jacobsen, O.H., Jacobsen, O.S., Jacobsen, P.R., Juhler, R.K., Keur, P.v.d., Linde, K.M., Møller, I., Nygaard, E., Olesen, S.E., Rasmussen, J., Rasmussen, S.T., Rosenberg, P., Torp, S.B., Ullum, M., Vinther, F.P., Vosgerau, H. og Aamand, J.: Særligt pesticidfølsomme sandområder: Forudsætninger og metoder for zonerings. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse og Danmarks JordbrugsForskning, 319 s.

# Appendiks 1

Forklaring af signaturer for geologi/pedologi som er benyttede i profiloptyegnelserne.



## Legende

### Pedologi








	Ap
	Ap2
	Ap3
	Ob
	E/EB/Eb
	Eg
	Bh/Bhb/Bb
	Bhs/Bhsb
	Bv
	Bvs
	Bs
	BC
	BC(g)
	BCt(g)
	C/2C/Cm
	C(g)/Cg
	Jernudfældninger

### Geologi


#### Lithologi

	Morænesand
	Grus
	Sand

#### Strukturer

	Laggrænses
	Horisontal lamination eller lavvinklet skrålejring
	Krydslejringes
	Krydslamination
	Vertikale sprækkes
	Strukturløses
	Ej blotlagtes

### Prøver

	Stor kolonne
	Rententionsring

DK03.03-083-HV.eps

## Appendiks 2

Resultaterne fra teksturanalyserne på variabilitetsmarken ved Astrup. Der er vist resultater fra alle 49 punkter.

Punktnr.	Dybde	Ler (<2 µm) [g/100 g]	Silt (2-20 µm) [g/100 g]	Grovsilt (20-63 µm) [g/100 g]	Finsand (63-125 µm) [g/100 g]	Finsand (125-200 µm) [g/100 g]	Grovsand (200-500 µm) [g/100 g]	Grovsand (500-1000 µm) [g/100 g]	Grovsand (1000-2000 µm) [g/100 g]	Sten (2000-6300 µm) [g/100 g]	Sten (>6300 µm) [g/100 g]	Humus [g/100 g]	JB-nr.	Total kulstof [g/100 g]
1	1	3,6	3,3	1,0	5,6	14,0	54,4	12,9	2,0	0,4	0,0	3,2	1	1,89
2	1	3,0	2,8	1,0	4,7	9,1	63,3	11,6	1,2	0,4	0,1	3,3	1	1,91
3	1	2,6	2,8	1,0	4,3	13,6	57,0	14,6	1,7	0,3	0,0	2,5	1	1,45
4	1	3,1	2,8	1,0	4,5	8,0	60,2	15,0	2,3	0,6	0,0	3,1	1	1,81
5	1	3,1	2,4	1,0	4,5	13,7	57,6	13,2	1,4	0,4	0,0	3,1	1	1,80
6	1	2,5	2,4	1,0	5,4	9,8	62,0	12,4	1,9	0,4	0,0	2,5	1	1,49
7	1	3,1	2,8	1,0	4,0	12,9	59,0	12,5	1,6	0,6	0,1	3	1	1,79
8	1	2,6	2,8	1,0	5,1	10,5	59,2	13,6	1,8	0,3	0,0	3,4	1	1,99
9	1	2,6	2,9	1,0	4,4	13,7	57,8	12,4	1,9	1,3	0,3	3,3	1	1,95
10	1	2,6	2,9	1,0	5,6	10,0	59,5	13,7	1,8	0,7	0,0	2,9	1	1,69
11	1	2,6	2,8	1,0	4,6	13,5	58,8	12,5	1,4	1,2	0,0	2,8	1	1,67
12	1	2,7	2,8	3,6	5,3	9,6	60,5	13,5	2,0	1,5	2,2	ND	1	0,00
13	1	3,1	2,4	1,0	4,4	14,5	54,9	14,4	2,1	2,9	0,8	3,4	1	1,97
14	1	3,1	2,4	1,0	5,1	9,3	61,0	13,4	2,0	1,3	0,0	2,8	1	1,62
15	1	3,0	2,4	1,0	5,3	14,5	54,8	12,4	1,9	3,9	1,1	4,8	1	2,79
16	1	3,6	2,4	1,0	4,2	7,1	42,0	21,7	14,5	10,7	8,4	3,5	1	2,04
17	1	3,5	2,9	1,0	4,6	12,1	52,8	15,5	4,2	3,9	1,8	3,3	1	1,95
18	1	3,6	0,9	2,9	5,1	8,0	42,4	19,8	12,2	10,5	10,2	5,1	1	3,01
19	1	3,6	0,9	1,9	1,5	3,2	29,2	33,8	25,4	20,1	7,3	0,5	1	0,28
20	1	3,6	3,3	1,0	4,9	7,4	48,0	19,7	8,5	6,6	19,5	3,6	1	2,09
21	1	3,6	3,3	1,0	4,1	9,3	39,0	22,5	13,1	11,8	5,4	4	1	2,34
22	1	3,0	2,4	1,0	6,5	11,7	57,1	11,1	3,6	5,2	3,5	3,5	1	2,06
23	1	3,5	2,9	1,0	5,0	12,7	49,8	15,1	5,7	7,0	4,3	4,2	1	2,48
24	1	3,5	2,8	1,0	4,9	8,7	48,5	16,8	10,0	10,0	9,2	3,9	1	2,28
25	1	3,1	2,4	1,0	6,0	16,4	55,4	9,8	2,5	3,0	1,1	3,5	1	2,07
26	1	3,0	2,8	1,0	6,0	10,5	60,7	9,3	3,1	3,2	1,5	3,5	1	2,08
27	1	3,6	2,9	1,0	3,8	8,9	41,3	23,1	12,0	11,4	6,3	3,6	1	2,10
28	1	3,5	2,8	1,0	4,3	8,4	48,4	20,1	7,9	8,3	6,8	3,5	1	2,04
29	1	3,0	1,4	1,0	4,0	16,5	61,5	9,2	1,1	0,4	0,2	2,3	1	1,34
30	1	3,6	2,9	1,0	5,6	8,6	48,9	18,1	7,7	7,5	3,7	3,5	1	2,07
31	1	3,6	2,9	1,0	5,0	11,2	43,8	18,3	10,5	8,8	5,2	3,7	1	2,18
32	1	3,6	3,3	1,0	5,3	9,5	53,3	15,3	4,9	4,7	6,3	3,9	1	2,29

33	1	3,5	2,9	1,0	3,3	10,1	44,7	20,2	10,5	8,1	6,4	3,8	1	2,21
34	1	3,6	2,9	1,0	4,5	8,3	44,1	20,2	11,8	7,2	5,3	3,7	1	2,19
35	1	2,6	2,9	1,0	4,6	15,9	59,2	9,1	2,2	2,1	0,2	2,5	1	1,48
36	1	2,1	2,3	1,0	5,1	12,7	64,4	8,2	0,6	0,4	0,0	3,7	1	2,19
37	1	3,1	2,3	1,0	3,9	13,4	52,1	14,8	6,1	4,5	2,0	3,2	1	1,90
38	1	2,6	1,9	1,0	4,4	12,4	67,0	8,3	0,5	0,4	0,0	2,1	1	1,21
39	1	2,5	2,4	1,0	5,2	17,4	58,1	9,2	0,7	1,0	0,0	3,3	1	1,96
40	1	2,5	2,9	1,0	6,0	12,4	62,0	8,4	0,7	0,3	0,1	4,1	1	2,39
41	1	2,6	2,4	1,0	4,6	16,9	60,1	8,8	0,6	0,7	0,9	3	1	1,78
42	1	2,6	2,4	1,0	5,8	11,5	61,9	10,0	1,2	0,7	0,0	3,7	1	2,15
43	1	2,6	2,9	1,0	5,4	15,9	57,5	10,4	1,2	1,0	0,4	3,2	1	1,90
44	1	2,7	2,8	1,0	5,9	12,2	60,6	9,2	2,5	2,2	1,0	3,1	1	1,80
45	1	2,6	1,9	1,0	4,1	16,3	63,1	8,6	0,4	0,3	0,0	2	1	1,19
46	1	2,5	2,4	1,0	4,7	9,9	64,2	10,6	1,2	0,7	0,1	3,4	1	1,97
47	1	2,6	2,4	1,0	3,8	16,4	61,6	8,3	1,1	1,0	2,3	2,8	1	1,65
48	1	3,0	1,9	1,0	4,3	10,5	65,8	8,9	0,9	0,5	0,0	3,8	1	2,21
49	1	3,0	1,9	1,0	4,3	15,4	58,3	11,7	1,1	0,7	1,3	3,4	1	1,97
1	2	2,0	1,4	1,0	1,3	6,5	75,6	11,4	0,3	0,0	0,0	0,4	1	0,26
2	2	2,1	0,9	1,6	9,8	18,9	56,1	10,1	0,3	0,0	0,0	0,2	1	0,13
3	2	2,0	0,9	1,0	1,4	5,0	66,7	21,3	1,3	0,1	0,0	0,3	1	0,19
4	2	2,0	0,9	1,0	4,6	16,1	61,7	12,4	1,0	0,1	0,0	0,3	1	0,17
5	2	2,0	0,9	1,0	0,5	3,9	74,1	16,9	0,4	0,1	0,0	0,3	1	0,15
6	2	2,0	0,9	1,0	1,4	8,9	59,5	24,7	1,2	0,2	0,0	0,4	1	0,25
7	2	2,0	0,9	1,0	1,2	4,8	70,8	18,4	0,7	0,0	0,0	0,2	1	0,11
8	2	2,6	0,9	1,0	10,2	27,5	51,6	5,5	0,4	0,0	0,0	0,3	1	0,18
9	2	2,5	1,4	1,0	3,9	8,1	54,4	27,0	0,9	0,1	0,0	0,8	1	0,46
10	2	2,5	0,9	1,0	8,4	23,7	53,9	9,0	0,3	0,0	0,0	0,3	1	0,17
11	2	2,6	0,9	1,9	13,0	18,2	56,4	6,3	0,3	0,0	0,0	0,4	1	0,23
12	2	2,5	0,9	1,0	4,3	18,3	62,0	9,4	1,2	0,2	0,0	0,3	1	0,20
13	2	2,5	0,9	1,0	4,4	7,8	51,7	25,7	5,6	0,2	0,0	0,4	1	0,21
14	2	3,1	0,9	1,6	15,8	30,2	43,4	3,9	0,2	0,0	0,0	0,9	1	0,55
15	2	2,0	0,9	1,0	9,1	12,1	57,6	15,2	1,7	0,2	0,0	0,3	1	0,15
16	2	2,0	0,9	1,0	1,0	5,0	42,3	26,3	21,1	8,4	1,6	0,3	1	0,19
17	2	2,5	0,9	1,0	8,6	11,6	61,5	12,4	0,9	0,1	0,0	0,5	1	0,27
18	2	1,5	0,9	1,0	1,7	9,8	52,2	26,2	6,5	6,2	2,1	0,1	1	0,07
19	2	1,5	0,9	1,0	0,7	2,2	37,5	38,1	17,8	11,3	2,4	0,2	1	0,11
20	2	2,5	0,9	1,0	4,8	15,3	49,6	14,8	10,5	6,4	3,9	0,5	1	0,30
21	2	1,5	0,9	1,0	0,8	2,6	54,9	28,3	9,9	5,0	2,2	0,2	1	0,12
22	2	2,0	0,9	1,0	0,7	3,2	32,8	37,4	21,5	14,2	11,0	0,4	1	0,21
23	2	2,5	0,9	1,0	0,7	1,8	27,7	32,6	32,3	20,7	13,5	0,4	1	0,24
24	2	2,5	0,9	1,0	0,5	2,2	26,7	37,0	28,7	27,5	14,0	0,4	1	0,26
25	2	3,1	0,9	2,7	1,5	4,3	41,9	26,4	18,7	18,3	26,5	0,5	1	0,30
26	2	2,1	0,9	1,1	0,9	5,3	43,4	32,6	13,3	6,3	5,3	0,4	1	0,25
27	2	1,5	0,9	1,0	0,9	2,6	51,0	30,3	11,7	5,7	0,4	0,1	1	0,08
28	2	2,0	0,9	1,0	0,7	3,4	41,1	34,7	15,9	8,4	2,4	0,3	1	0,16
29	2	4,0	0,9	1,0	4,5	9,2	48,6	20,4	10,4	8,6	26,3	1	1	0,57
30	2	2,0	0,9	1,0	0,6	3,2	18,8	50,3	23,0	6,6	2,8	0,2	1	0,10
31	2	2,5	0,9	1,0	1,3	3,6	54,4	26,5	9,4	13,0	6,7	0,4	1	0,23
32	2	3,0	0,9	1,0	3,7	14,0	61,1	13,6	2,0	2,8	0,5	0,6	1	0,38



33	2	3,0	0,9	1,0	3,2	6,4	38,7	28,9	17,3	17,8	19,2	0,5	1	0,28
34	2	2,5	0,9	1,0	3,0	15,8	67,7	7,6	0,9	0,3	0,0	0,6	1	0,34
35	2	2,0	0,9	1,0	0,4	1,4	32,4	26,1	35,5	22,1	3,0	0,3	1	0,17
36	2	3,5	0,9	1,0	5,6	15,9	57,6	12,1	2,7	4,1	9,5	0,7	1	0,41
37	2	3,5	1,4	1,0	5,1	11,6	58,4	15,0	2,9	1,2	0,0	1,1	1	0,63
38	2	2,5	0,9	1,0	0,7	2,5	29,7	49,3	13,2	11,9	11,5	0,2	1	0,11
39	2	5,1	0,9	2,6	1,7	2,5	37,2	33,2	16,3	14,5	15,0	0,5	3	0,27
40	2	2,5	0,9	1,0	0,5	1,5	21,3	50,0	22,1	13,0	2,9	0,2	1	0,11
41	2	5,6	1,9	4,6	4,4	4,2	35,9	28,2	14,2	13,6	11,3	1	3	0,58
42	2	2,5	0,9	1,0	0,7	1,4	16,9	40,6	35,6	22,2	7,4	3	1	0,19
43	2	4,6	0,9	2,5	1,3	1,4	22,5	33,0	33,3	22,7	18,9	0,5	1	0,30
44	2	3,1	1,9	1,0	2,9	13,1	51,7	17,1	8,2	10,7	23,0	1,1	1	0,64
45	2	3,6	0,9	2,6	0,9	1,5	32,3	37,4	20,5	12,5	7,0	0,3	1	0,20
46	2	3,5	2,8	1,0	5,1	12,8	51,2	15,5	3,0	6,2	6,4	5,1	1	2,98
47	2	3,0	0,9	1,0	1,1	3,3	41,5	28,7	19,9	12,9	10,6	0,6	1	0,36
48	2	2,6	0,9	1,1	0,8	1,7	25,1	41,6	25,9	20,7	11,5	0,3	1	0,15
49	2	4,1	1,4	6,4	10,9	9,2	32,2	21,9	13,5	10,2	6,3	0,4	1	0,24

## Appendiks 3

Resultater af enkeltanalyser på i de 51 punkter i Astrup. IRGA = basal in situ respiration ( $\text{g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ t}^{-1}$ ), SIR = substrat induceret respiration ( $\mu\text{L CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ t}^{-1}$ ), ASA = arylsulfatase aktivitet ( $\mu\text{g nitrophenol g}^{-1} \text{ t}^{-1}$ ), FDA = fluorescein diacetat hydrolyse ( $\mu\text{g fluorescein g}^{-1} \text{ t}^{-1}$ ), og antal dyrkbare bakterier på 1/300 TSA og GouldsS1 agar.

Hul nr.	Dybde 1											
	Jord respiration (IRGA), $\text{g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ t}^{-1}$		Substratinduceret respiration (SIR), $\mu\text{L CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ t}^{-1}$		Arylsulfatase aktivitet (ASA), $\mu\text{g NP g}^{-1} \text{ t}^{-1}$		Fluorescein diacetat hydrolyse (FDA), $\mu\text{g fluorescein g}^{-1} \text{ t}^{-1}$		Antal dyrkbare bakterier (1/300 TSA) $\text{g}^{-1}$		Antal dyrkbare <i>Pseudomonas</i> sp (GouldsS1) $\text{g}^{-1}$	
			gns	std	gns	std	gns	std	gns	Std	Gns	std
1	2,31	-	8,1	3,6	20,7	1,1	61,9	5,8	1.1X10 <sup>7</sup>	3.6X10 <sup>6</sup>	1.9X10 <sup>5</sup>	9.2X10 <sup>3</sup>
2	3,79	-	6,9	1,9	22,7	2,0	64,5	0,9	3.0X10 <sup>7</sup>	4.7X10 <sup>6</sup>	2.7X10 <sup>5</sup>	2.4X10 <sup>4</sup>
3	2,06	-	4,8	0,7	20,7	1,2	52,3	7,8	3.2X10 <sup>6</sup>	1.2X10 <sup>6</sup>	5.6X10 <sup>4</sup>	2.7X10 <sup>4</sup>
4	16,09	-	6,5	1,9	18,6	1,0	nd	nd	1.7X10 <sup>7</sup>	3.9X10 <sup>6</sup>	2.1X10 <sup>5</sup>	2.9X10 <sup>4</sup>
5	2,98	-	10,0	4,6	24,5	1,2	61,3	4,2	1.0X10 <sup>8</sup>	9.5X10 <sup>6</sup>	1.6X10 <sup>6</sup>	3.6X10 <sup>5</sup>
6	2,31	-	9,7	8,4	18,6	1,5	45,9	8,9	1.3X10 <sup>7</sup>	3.2X10 <sup>6</sup>	1.3X10 <sup>5</sup>	1.9X10 <sup>4</sup>
7	1,17	-	6,5	3,3	23,8	1,2	56,3	8,5	4.0X10 <sup>6</sup>	3.7X10 <sup>5</sup>	1.1X10 <sup>5</sup>	3.9X10 <sup>3</sup>
8	3,63	-	5,8	2,1	18,2	0,3	50,4	1,3	7.4X10 <sup>6</sup>	4.4X10 <sup>6</sup>	7.2X10 <sup>4</sup>	1.7X10 <sup>4</sup>
9	4,73	-	7,4	5,0	19,1	0,6	58,0	9,2	1.4X10 <sup>7</sup>	9.8X10 <sup>5</sup>	4.6X10 <sup>4</sup>	1.5X10 <sup>4</sup>
10	11,24	-	10,5	8,0	21,3	1,4	48,0	4,4	2.5X10 <sup>6</sup>	3.5X10 <sup>5</sup>	6.6X10 <sup>4</sup>	1.3X10 <sup>4</sup>
11	4,43	-	3,6	0,7	14,0	2,7	54,4	1,7	1.2X10 <sup>7</sup>	1.8X10 <sup>6</sup>	1.4X10 <sup>5</sup>	2.3X10 <sup>4</sup>
12	4,38	-	4,4	0,6	13,7	1,2	61,0	1,8	1.3X10 <sup>7</sup>	2.9X10 <sup>6</sup>	7.9X10 <sup>4</sup>	2.8X10 <sup>4</sup>
13	1,15	-	9,3	7,3	15,5	0,8	57,6	1,8	2.4X10 <sup>7</sup>	2.0X10 <sup>6</sup>	4.4X10 <sup>6</sup>	7.8X10 <sup>5</sup>
14	1,12	-	5,8	0,9	12,5	1,1	55,5	0,6	3.9X10 <sup>6</sup>	2.3X10 <sup>5</sup>	8.9X10 <sup>4</sup>	2.1X10 <sup>4</sup>
15	1,02	-	3,9	0,5	15,2	1,3	53,2	1,2	2.8X10 <sup>6</sup>	5.9X10 <sup>5</sup>	2.3X10 <sup>4</sup>	7.5X10 <sup>3</sup>
16	0,90	-	7,3	0,7	19,5	1,5	43,9	3,6	4.2X10 <sup>6</sup>	7.4X10 <sup>5</sup>	1.3X10 <sup>5</sup>	2.0X10 <sup>4</sup>
17	1,26	-	8,1	2,6	14,9	2,8	57,0	3,4	2.6X10 <sup>6</sup>	3.2X10 <sup>5</sup>	3.2X10 <sup>4</sup>	1.0X10 <sup>4</sup>
18	1,14	-	4,2	0,5	13,9	0,7	45,9	0,2	3.0X10 <sup>6</sup>	4.2X10 <sup>5</sup>	3.6X10 <sup>4</sup>	7.1X10 <sup>3</sup>
19	1,28	-	4,7	1,0	13,2	0,9	49,7	0,3	2.9X10 <sup>6</sup>	2.6X10 <sup>5</sup>	2.9X10 <sup>4</sup>	8.0X10 <sup>3</sup>
20	0,21	-	4,4	1,5	17,2	0,7	48,1	2,0	2.9X10 <sup>6</sup>	4.8X10 <sup>5</sup>	3.6X10 <sup>4</sup>	1.3X10 <sup>4</sup>

21	0,62	-	8,0	4,6	17,8	3,3	45,5	4,9	$2.4 \times 10^6$	$5.4 \times 10^5$	$2.1 \times 10^4$	$1.4 \times 10^3$
22	9,16	-	4,7	0,7	21,3	1,1	38,5	10,8	$3.7 \times 10^6$	$8.7 \times 10^5$	$1.0 \times 10^5$	$1.8 \times 10^4$
23	6,32	-	3,1	0,3	21,4	1,6	43,5	7,3	$8.8 \times 10^6$	$3.8 \times 10^6$	$1.2 \times 10^5$	$1.0 \times 10^4$
24	11,34	-	9,2	3,3	20,2	0,7	45,8	6,3	$7.6 \times 10^6$	$1.9 \times 10^6$	$3.4 \times 10^5$	$7.1 \times 10^4$
25	3,33	-	5,2	0,6	18,3	1,7	41,2	2,5	$9.7 \times 10^6$	$1.4 \times 10^6$	$8.1 \times 10^5$	$3.1 \times 10^4$
26	3,79	-	9,9	2,6	13,3	2,0	30,2	1,6	$6.5 \times 10^6$	$1.2 \times 10^6$	$2.1 \times 10^5$	$1.3 \times 10^4$
27	12,51	-	3,8	0,1	14,7	1,3	40,6	9,0	$7.8 \times 10^6$	$5.6 \times 10^6$	$4.6 \times 10^5$	$1.8 \times 10^4$
28	7,76	-	5,6	1,0	19,6	2,5	49,9	8,4	$4.1 \times 10^6$	$4.1 \times 10^5$	$8.3 \times 10^4$	$2.2 \times 10^3$
29	3,75	-	6,8	1,9	16,6	1,1	46,1	6,9	$3.2 \times 10^6$	$3.8 \times 10^5$	$5.5 \times 10^4$	$1.5 \times 10^4$
30	3,68	-	4,4	0,7	14,2	0,6	45,0	10,5	$3.8 \times 10^6$	$7.3 \times 10^5$	$5.3 \times 10^4$	$5.2 \times 10^3$
31	1,85	-	7,1	3,1	14,2	1,6	51,9	6,9	$3.9 \times 10^6$	$7.1 \times 10^5$	$1.2 \times 10^5$	$1.8 \times 10^4$
32	3,18	-	4,7	0,6	11,3	0,6	51,6	2,0	$5.5 \times 10^6$	$8.6 \times 10^5$	$2.0 \times 10^5$	$1.4 \times 10^4$
33	1,89	-	5,6	3,8	11,8	0,8	50,1	5,4	$3.5 \times 10^6$	$1.2 \times 10^6$	$7.1 \times 10^4$	$1.5 \times 10^4$
34	9,49	-	7,4	2,9	13,2	1,0	53,9	4,4	$2.0 \times 10^6$	$3.9 \times 10^5$	$5.7 \times 10^4$	$1.7 \times 10^4$
35	5,31	-	7,0	2,7	10,2	1,3	39,3	4,4	$3.0 \times 10^6$	$2.9 \times 10^5$	$7.0 \times 10^4$	$6.2 \times 10^2$
36	3,23	-	4,8	0,1	16,5	0,7	38,0	3,6	$3.0 \times 10^6$	$3.8 \times 10^5$	$6.5 \times 10^4$	$7.8 \times 10^3$
37	5,80	-	7,9	6,0	14,2	0,5	42,2	1,1	$1.2 \times 10^7$	$4.9 \times 10^6$	$1.0 \times 10^5$	$2.2 \times 10^4$
38	2,07	-	7,6	1,6	15,6	1,0	46,2	5,5	$5.4 \times 10^6$	$3.9 \times 10^6$	$3.9 \times 10^4$	$3.7 \times 10^3$
39	7,99	-	6,8	0,7	18,2	0,8	51,7	4,4	$8.2 \times 10^6$	$2.0 \times 10^6$	$2.3 \times 10^4$	$2.0 \times 10^4$
40	5,89	-	7,5	0,6	13,2	1,2	53,6	1,6	$1.3 \times 10^7$	$2.8 \times 10^6$	$1.0 \times 10^5$	$8.4 \times 10^3$
41	8,39	-	7,4	0,4	13,1	2,4	47,4	3,3	$1.2 \times 10^7$	$2.4 \times 10^6$	$1.2 \times 10^5$	$4.4 \times 10^4$
42	3,66	-	4,5	1,9	11,2	1,7	44,2	6,6	$1.3 \times 10^7$	$6.0 \times 10^6$	$1.7 \times 10^5$	$1.9 \times 10^4$
43	2,24	-	6,3	1,4	13,2	0,4	45,4	4,0	$9.7 \times 10^6$	$3.2 \times 10^6$	$4.4 \times 10^4$	$7.1 \times 10^3$
44	5,37	-	4,1	0,7	12,7	1,0	47,1	3,1	$1.0 \times 10^7$	$2.9 \times 10^6$	$3.4 \times 10^4$	$1.2 \times 10^4$
45	5,63	-	10,8	6,0	10,7	3,0	61,7	11,4	$8.3 \times 10^6$	$4.9 \times 10^6$	$6.3 \times 10^4$	$2.0 \times 10^4$
46	3,55	-	8,1	2,6	16,4	2,8	56,6	5,3	$7.3 \times 10^6$	$4.0 \times 10^6$	$3.3 \times 10^4$	$1.0 \times 10^4$
47	9,54	-	4,5	0,9	16,2	1,6	42,4	9,9	$1.3 \times 10^7$	$2.7 \times 10^6$	$7.4 \times 10^4$	$9.5 \times 10^3$
48	7,29	-	3,4	0,6	12,2	0,6	48,0	4,0	$1.4 \times 10^7$	$3.2 \times 10^6$	$2.2 \times 10^5$	$7.8 \times 10^4$
49	4,59	-	10,4	3,3	16,8	1,3	51,8	2,7	$1.8 \times 10^7$	$4.0 \times 10^6$	$2.8 \times 10^5$	$5.8 \times 10^4$
50	6,51	-	4,1	1,2	12,2	0,4	44,1	2,6				
51	5,97	-	3,5	0,4	11,2	0,3	44,4	5,5				

DYBDE 2				
Hul nr.	Antal dyrkbare bakterier (1/300 TSA) g <sup>-1</sup>		Antal dyrkbare <i>Pseudomonas</i> sp (GouldsS1) g <sup>-1</sup>	
	gns	std	gns	Std
1	1.1X10 <sup>7</sup>	4.0X10 <sub>6</sub>	6.0X10 <sub>4</sub>	1.9X10 <sup>4</sup>
2	5.9X10 <sup>6</sup>	1.8X10 <sub>6</sub>	<100	-
3	3.2X10 <sup>6</sup>	1.4X10 <sub>6</sub>	<100	-
4	9.9X10 <sup>6</sup>	1.3X10 <sub>6</sub>	<100	-
5	9.5X10 <sup>6</sup>	8.8X10 <sub>5</sub>	<100	-
6	4.3X10 <sup>6</sup>	1.2X10 <sub>6</sub>	<100	-
7	1.4X10 <sup>5</sup>	7.1X10 <sub>4</sub>	<100	--
8	4.0X10 <sup>5</sup>	3.7X10 <sub>4</sub>	<100	-
9	2.4X10 <sup>5</sup>	7.1X10 <sub>4</sub>	<100	-
10	5.7X10 <sup>5</sup>	4.7X10 <sub>4</sub>	<100	-
11	5.4X10 <sup>5</sup>	9.1X10 <sub>4</sub>	<100	-
12	7.7X10 <sup>5</sup>	1.3X10 <sub>5</sub>	<100	--
13	4.7X10 <sup>6</sup>	7.5X10 <sub>5</sub>	<100	-
14	7.7X10 <sup>6</sup>	1.3X10 <sub>6</sub>	<100	-
15	4.6X10 <sup>5</sup>	6.7X10 <sub>4</sub>	<100	-
16	2.0X10 <sup>7</sup>	3.0X10 <sub>6</sub>	<100	-
17	6.5X10 <sup>5</sup>	6.3X10 <sub>4</sub>	<100	-
18	3.3X10 <sup>6</sup>	4.8X10 <sub>5</sub>	6.4X10 <sub>3</sub>	2.6X10 <sup>3</sup>
19	5.1X10 <sup>6</sup>	7.9X10 <sub>5</sub>	<100	-
20	5.3X10 <sup>5</sup>	6.5X10 <sub>4</sub>	<100	-
21	2.6X10 <sup>6</sup>	6.3X10 <sub>5</sub>	<100	-
22	2.5X10 <sup>7</sup>	5.2X10 <sub>6</sub>	6.6X10 <sub>3</sub>	1.8X10 <sup>3</sup>
23	1.7X10 <sup>7</sup>	1.0X10 <sub>6</sub>	<100	-
24	4.5X10 <sup>7</sup>	9.7X10 <sub>6</sub>	<100	-

25	$2.1 \times 10^6$	$2.1 \times 10^5$	<100	-
26	$9.5 \times 10^5$	$4.0 \times 10^5$	<100	-
27	$2.2 \times 10^5$	$4.5 \times 10^4$	<100	-
28	$3.3 \times 10^4$	$3.2 \times 10^3$	<100	-
29	$4.7 \times 10^4$	$7.9 \times 10^3$	<100	-
30	$9.6 \times 10^3$	$2.3 \times 10^3$	<100	-
31	$6.4 \times 10^5$	$7.4 \times 10^4$	<100	-
32	$1.9 \times 10^6$	$4.7 \times 10^5$	<100	-
33	$1.7 \times 10^5$	$5.5 \times 10^4$	<100	-
34	$3.8 \times 10^4$	$9.4 \times 10^3$	<100	-
35	$4.3 \times 10^5$	$8.8 \times 10^4$	<100	-
36	$1.2 \times 10^6$	$1.2 \times 10^5$	$1.6 \times 10^3$	$6.7 \times 10^2$
37	$1.5 \times 10^7$	$5.3 \times 10^6$	$3.6 \times 10^4$	$2.7 \times 10^4$
38	$1.8 \times 10^5$	$4.3 \times 10^4$	<100	-
39	$6.0 \times 10^4$	$7.0 \times 10^3$	<100	-
40	$6.1 \times 10^5$	$8.7 \times 10^4$	<100	-
41	$2.8 \times 10^6$	$5.2 \times 10^5$	$2.1 \times 10^3$	$1.2 \times 10^3$
42	$1.0 \times 10^5$	$6.6 \times 10^4$	<100	-
43	$2.1 \times 10^5$	$2.2 \times 10^4$	<100	-
44	$5.7 \times 10^5$	$9.3 \times 10^4$	<100	-
45	$4.5 \times 10^4$	$8.2 \times 10^3$	<100	-
46	$1.6 \times 10^6$	$6.6 \times 10^5$	$4.8 \times 10^2$	$3.2 \times 10^2$
47	$2.5 \times 10^5$	$7.6 \times 10^4$	$2.3 \times 10^2$	$2.3 \times 10^2$
48	$2.1 \times 10^5$	$5.8 \times 10^4$	$7.9 \times 10^1$	$1.4 \times 10^2$
49	$3.7 \times 10^6$	$2.7 \times 10^5$	$1.2 \times 10^5$	$1.1 \times 10^4$
50	$2.0 \times 10^6$	$6.2 \times 10^5$	$9.3 \times 10^3$	$2.0 \times 10^3$
51	$2.6 \times 10^6$	$1.9 \times 10^5$	<100	-

**Denne rapport er et resultat af projektet: Koncept for Udpegning af Pesticidfølsomme Arealer, KUPA, der har til formål at tilvejebringe den nødvendige viden til at udvikle et operationelt koncept til klassificering af arealer, som er særlig følsomme overfor pesticidnedsivning til grundvandet.**

**For at kunne vurdere muligheden for klassificering af sandområder er der foretaget feltundersøgelser af pedologi, geologi, mineralogi, hydraulik, geokemi, mikrobiologi og stoffkemi på lokaliteter grupperet efter landskabselementtype. For hver landskabselementtype er der på tre marker lavet undersøgelser ned til grundvandsspejlet. Afrapporteringen af data fra hvert landskabselement er samlet i en selvstændig basisdatarapport. Datarapporterne er nummereret 3-10.**

