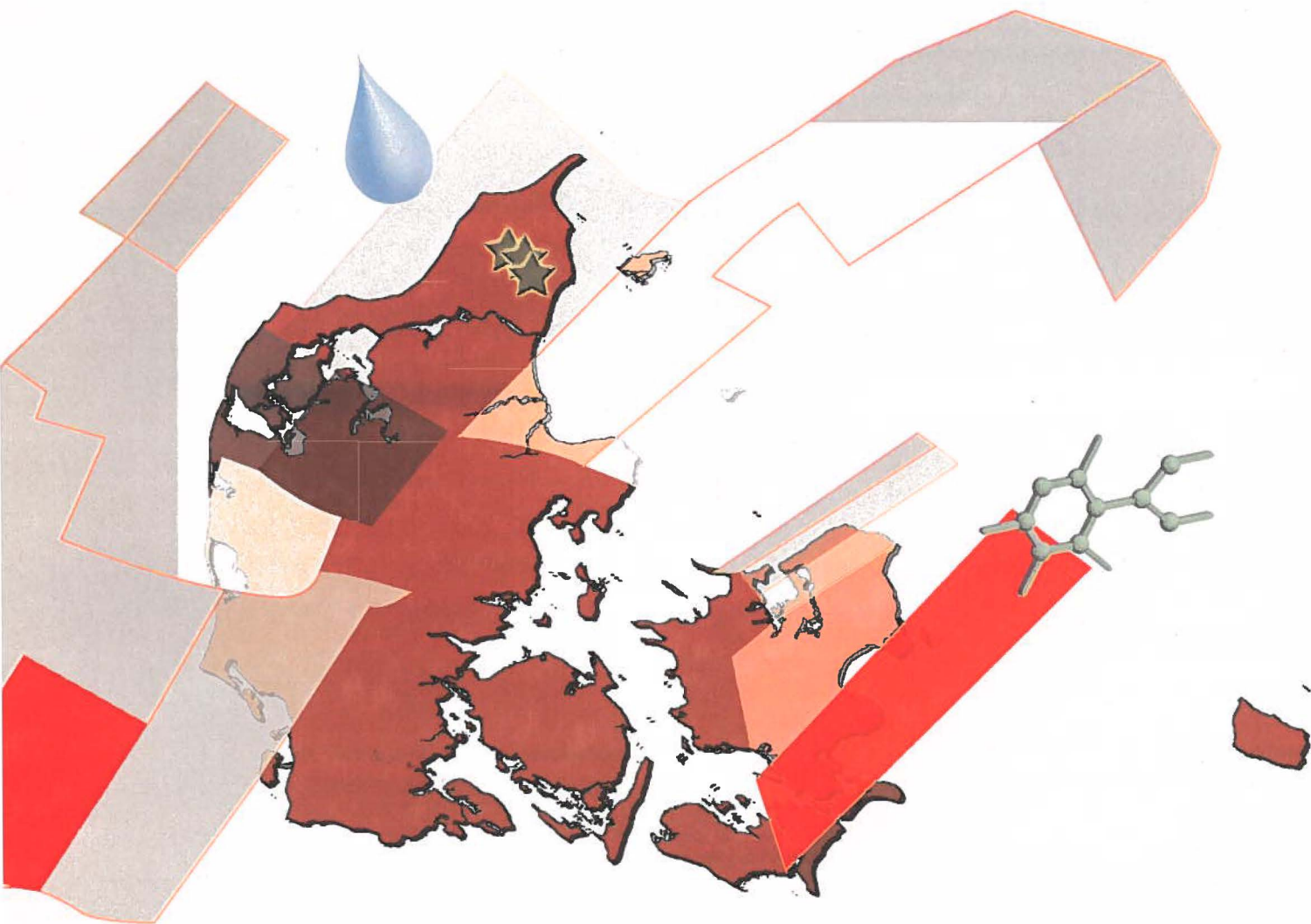


Morænesand af Weichsel alder inden for moræneflader: Basisdata fra Vendsyssel



Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse
Miljøministeriet

Danmarks JordbrugsForskning
Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri

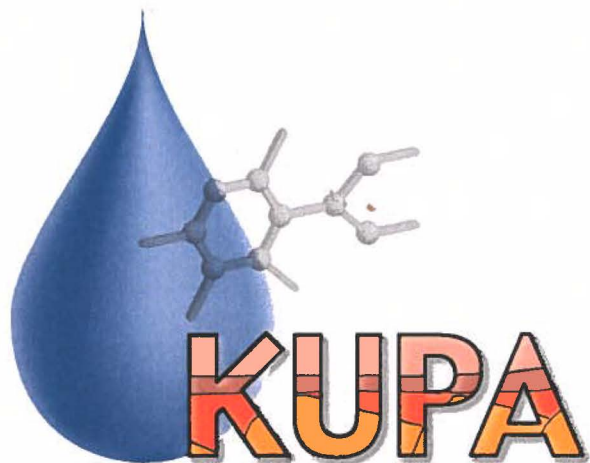


Redaktion: Søren Torp
Omslag: Kristian Rasmussen
Oplag: 100
Udgivelsesår: 2005

ISBN 87-7871-161-4

© 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
Internet: www.geus.dk

Morænesand af Weichsel alder inden for moræneflader: Basisdata fra Vendsyssel



Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse
Miljøministeriet

Danmarks JordbrugsForskning
Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri



KUPA rapport nr. 10

Undersøgelse af morænesand af Weichsel alder beliggende indenfor moræneflader: Basisdata fra undersøgelser i Vendsyssel

Indhold

0	Forord	4
1	Indledning	6
2	Udpegning af lokaliteter og definition af feltundersøgelser	7
2.1	Fuldt undersøgelsesprogram profiler	8
2.2	Placering af fuldt undersøgelsesprogram profilerne indenfor undersøgelsesmarkerne	8
2.2.1	Gammelkirke-lokaliteten.....	8
2.2.2	Hellum-lokaliteten	10
2.2.3	Flyvbjerg-lokaliteten	12
3	Resultater af profil undersøgelserne	14
3.1	Pedologi.....	14
3.1.1	Gammelkirke lokaliteten.....	14
3.1.1.1	Jordbundsudvikling.....	15
3.1.2	Hellum lokaliteten.....	18
3.1.2.1	Jordbundsudvikling	18
3.1.3	Flyvbjerg lokaliteten	21
3.1.3.1	Jordbundsudvikling.....	21
3.1.4	Pedologiske karakteristika, forskelle og ligheder på de tre morænesandslokaliteter.....	24
3.2	Geologi.....	24
3.2.1	Gammelkirke lokaliteten	25
3.2.2	Hellum lokaliteten	27
3.2.3	Flyvbjerg lokaliteten	29
3.3.4	Sedimentologiske karakteristika, forskelle og ligheder mellem de tre morænesandslokaliteter.....	31
3.3	Fysiske, kemiske og mineralogiske undersøgelser.....	31
3.3.1	Lokaliteterne Gammelkirke, Hellum og Flyvbjerg	32
3.3.1.1	Gammelkirke lokaliteten	32
3.3.1.2	Hellum lokaliteten	34
3.3.1.3	Flyvbjerg lokaliteten	36
3.3.2	Sammenligning af fysiske, kemiske og mineralogiske egenskaber	39
3.4	Hydraulik.....	41
3.4.1	Udtagne prøver	41
3.4.1.1	Gammelkirke-lokaliteten.....	41
3.4.1.2	Hellum-lokaliteten	41
3.4.1.3	Flyvbjerg-lokaliteten	41
3.4.2	Volumenvægt.....	41
3.4.3	Teksturanalyse på store kolonner	42

3.4.4	Vandretention.....	43
3.4.5	Mættet hydraulisk ledningsevne.....	45
3.4.6	Umættet hydraulisk ledningsevne.....	45
3.4.7	Anvendelighed af hydrauliske data.....	46
3.5	Pesticid specifikke parametre.....	47
3.5.1	Pesticides binding.....	48
3.5.2	Pesticiders mineralisering.....	49
3.5.3	DT50 bestemmelse.....	53
4	Resultater af markvariationsundersøgelser	55
4.1	Georadar.....	55
4.1.1	Gammelkirke.....	55
4.1.2	Geologisk tolkning af georadarundersøgelsen.....	56
5	Referencer	58
6	Appendiks 1	59

0 Forord

Heidi C. Barlebo (GEUS)

Denne basisdatarapport 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 pesticidnedsvning 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 pesticidnedsvning 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 tolkningen af data. Denne basisdatarapport omhandler data indsamlet på undersøgelseslokaliteter med morænesand af Weichsel alder indenfor moræneflader beliggende i Vendsyssel.

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, Mogens 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 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 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 pesticidnedsvivning 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 i en senere rapport 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 Weichsel alder indenfor moræneflader beliggende i Vendsyssel. 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). Moræneflader er karakteriseret ved at have en let bølget overfladeform uden fremtrædende bakker og dalstrækninger. Indenfor KUPA projektet er morænesand af Weichsel alder også undersøgt indenfor moræneflader beliggende i Vendsyssel. Morænesandsområderne i Vendsyssel skiller sig dog generelt ud fra morænesandsområderne på Djursland og Himmerland ved at morænesandsaflejringerne kun findes som et tyndt dæklag over smeltevandsaflejringer. Data fra undersøgelserne af morænesand på moræneflader i Djursland og Himmerland vil blive fremlagt i en særskilt basisdata rapport.

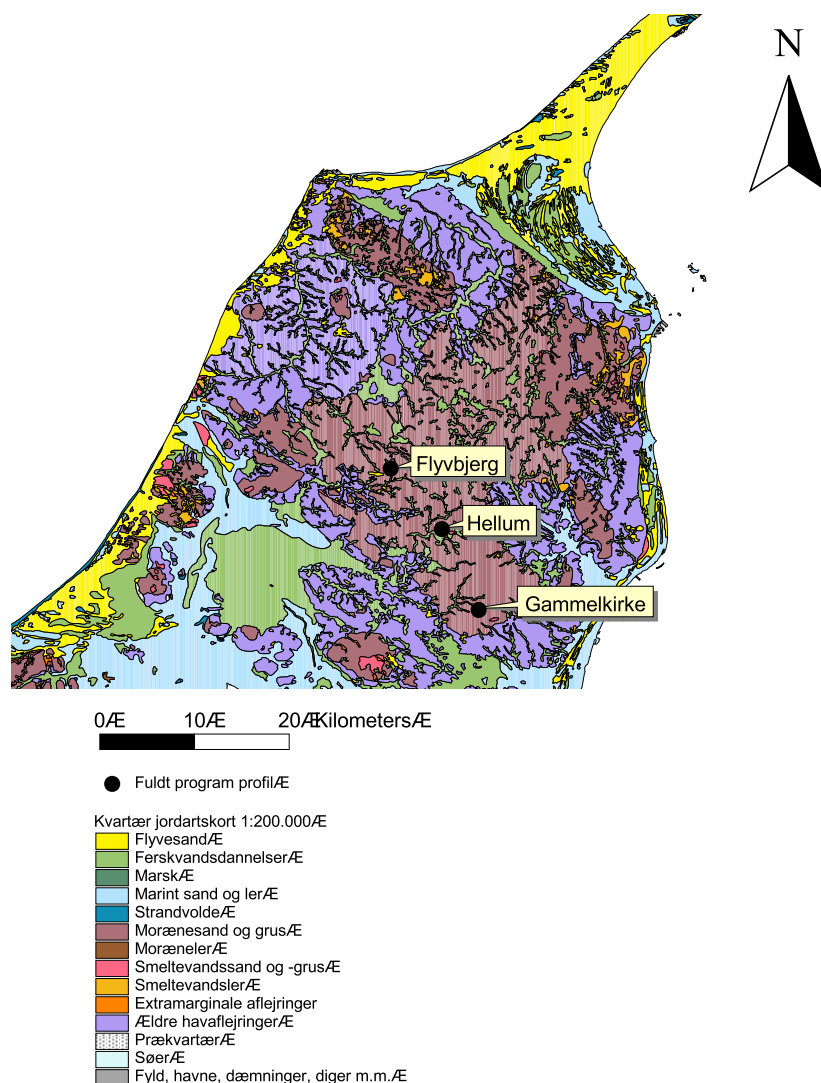
I undersøgelserne indsamles data fra den (vand-) umættede zone, dvs. fra jordoverfladen og ned til grundvandsspejlet. Der bestemmes sammenhørende værdier af hydrauliske, mikrobielle og stofspeficke parametre, der er relateret til pedologiske, mineralogiske, kemiske og geologiske data. Beskrivelse af 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 moræneflader i Vendsyssel og en definition af de udførte typer feltundersøgelser. Resultaterne fra fuldt undersøgelsesprogram profil opdelt på fagdiscipliner vises i kapitel (3). I kapitel (4) følger markvariationsundersøgelserne i form af resultaterne af geofysik undersøgelserne.

2 Udpegning af lokaliteter og definition af feltundersøgelser

Henrik Vosgerau (GEUS)

På moræneflader i Vendsyssel 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 været muligt at opfylde kravet om, at den undersøgte jordart, i dette tilfælde morænesand, skal udgøre hele den umættede zone. Dette skyldes at morænesand generelt findes som et tyndt dæklag over smeltevandsaflejringer i Vendsyssel. De undersøgte marker benævnes Gammelkirke, Hellum og Flyvbjerg. I fig. 2.1 er deres placering på moræneflader i Vendsyssel vist.



Figur 2.1. Undersøgelsesmarkernes beliggenhed i Vendsyssel med det Kvartære Jordartskort (1:200.000) som baggrund. Lokaliteterne er beliggende på moræneflader dannet i sidste istid, Weichsel.

2.1 Fuldt undersøgelsesprogram profiler

På alle 3 marker er der indledningsvist foretaget geofysiske EM38-målinger og på lokaliteten ved Gammelkirke er der endvidere også lavet georadarundersøgelser. Efterfølgende er der på hver af de 3 undersøgelsesmarker placeret et *fuldt undersøgelsesprogram profil*, som er sammensat af en udgravning og en boring der såvidt muligt går 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 generelt 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.

2.2 Placering af fuldt undersøgelsesprogram profilerne indenfor undersøgelsesmarkerne

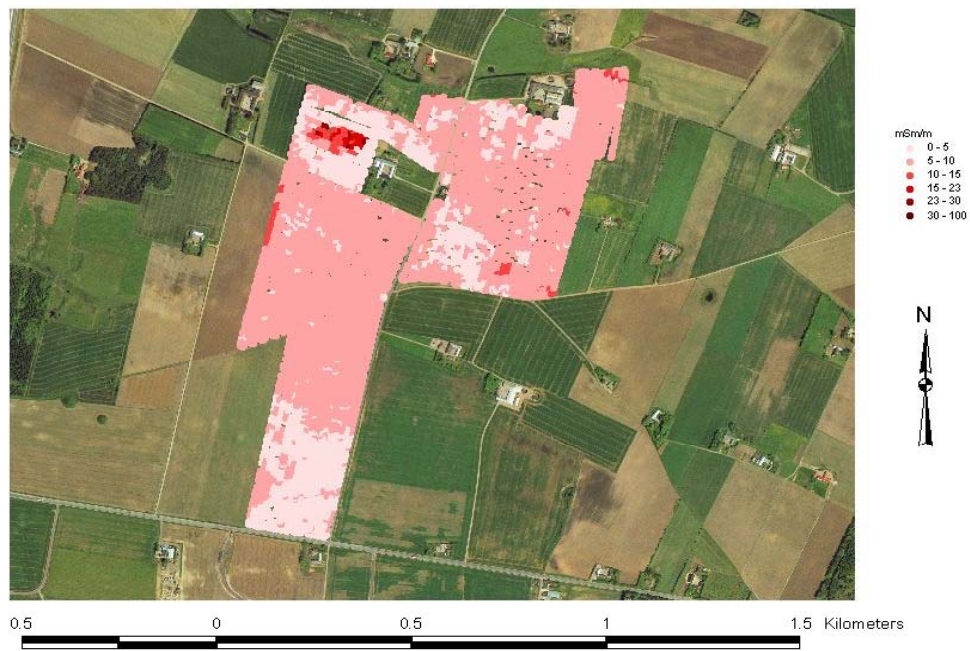
Søren B. Torp (DJF) og Mogens H. Greve (DJF)

De udvalgte undersøgelsesmarker er indledningsvis blevet opmålt med EM38, således at disse målinger kunne anvendes til den nøjagtige placering af fuldt undersøgelsesprogram profilerne på alle 3 lokaliteter.

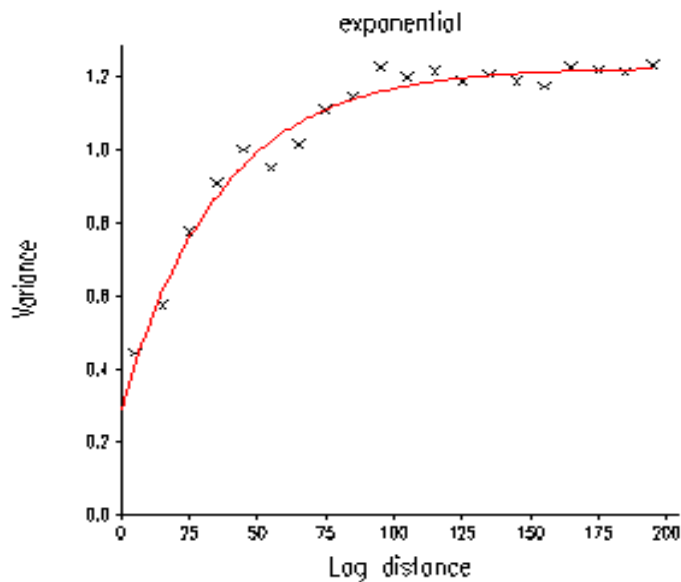
Efter at EM38 kortlægningen var gennemført og resultaterne indledningsvis bearbejdet, blev der udpeget en egnet lokalitet til placeringen af udgravningen. Lokaliteten blev udpeget således at den for morænesand havde typiske EM38-værdier. Lokaliteterne blev efterfølgende opsøgt for at få bekræftet, at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

2.2.1 Gammelkirke-lokaliteten

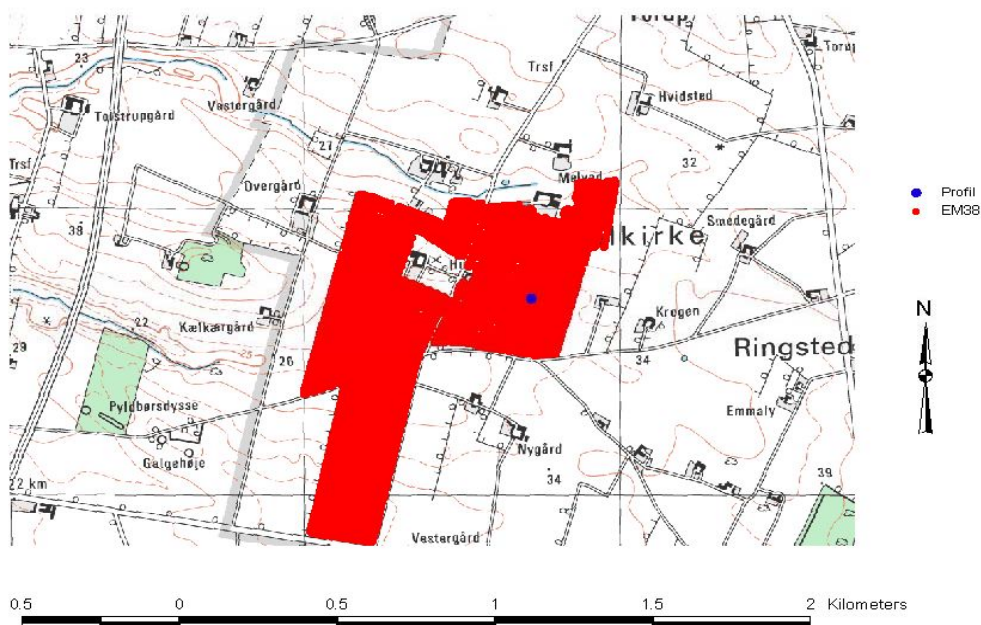
Resultater fra EM38-undersøgelsen af Gammelkirke-lokaliteten er vist på fig. 2.2. og 2.3. Ud fra disse er placeringen af udgravningen af fuldt undersøgelsesprogram profilet bestemt (fig. 2.4).



Figur 2.2. Gammelkirke. Resultater fra målinger med EM38 sensoren. Figuren viser målinger af jordens elektriske ledningsevne målt i millisiemens/meter. De største områder viser måleværdier på 5-10 mSm/m (lyserød). Mindre områder har lave måleværdier 0-5 mSm/m (lys). Måleværdier på 10-15 mSm/m fandtes kun få steder (rød). Højere værdier 15-25 mSm/m findes kun pletvis og er atypiske (mørkerøde).



Figur 2.3. Variogram af EM38-målingerne fra Gammelkirke-lokaliteten. Punkterne er den eksperimentelle semivariance. Den røde linie er den bedst fittede eksponentielle model med følgende parametre (defineret i KUPA rapport nr. 2 (Barlebo et al. 2002)): Range = 49 m, sill = 0,3 og nugget= 0,7.



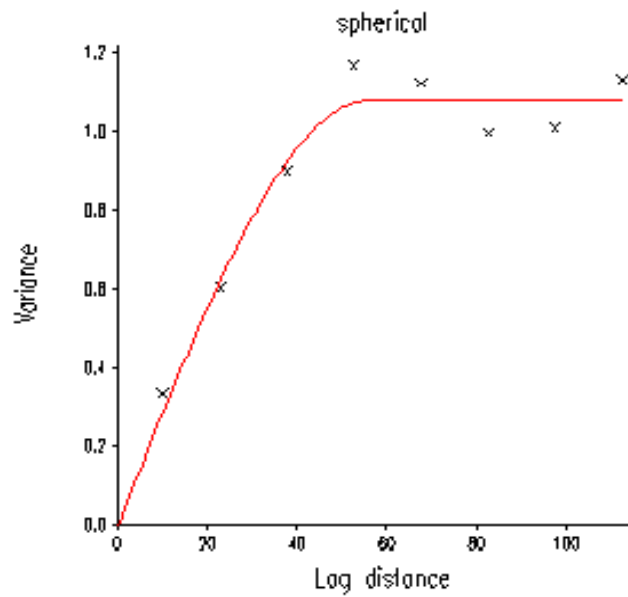
Figur 2.4. Gammelkirke-lokaliteten. Undersøgelsesmarkens geografiske placering vest for Ringsted (ved Hjallerup). Markens udstrækning er vist med rødt. Udgravningen af fuldt undersøgelsesprogram profilet er lavet ved det blå punkt.

2.2.2 Hellum-lokaliteten

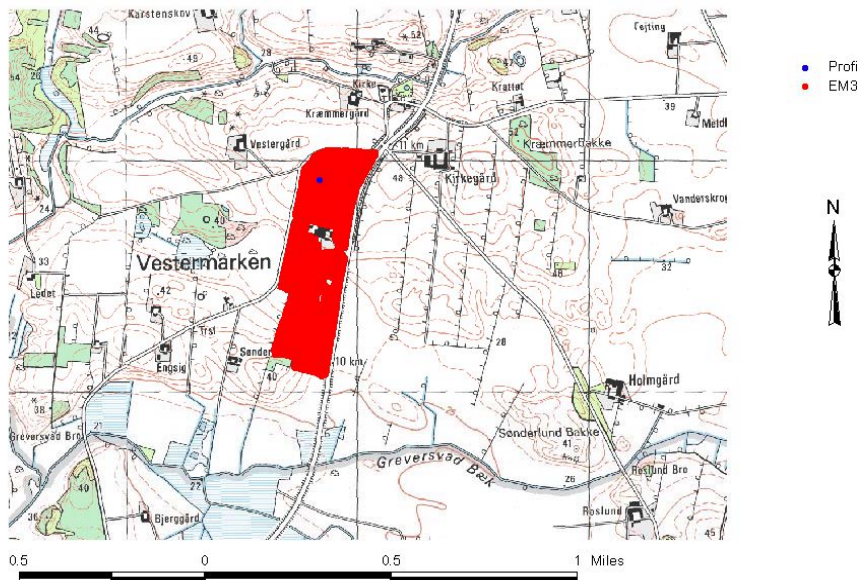
Resultater fra EM38-undersøgelsen af Hellum-lokaliteten er vist på fig. 2.5 og 2.6. Ud fra disse målinger er placeringen af udgravningen af fuldt undersøgelsesprogram profilet bestemt (fig. 2.7).



Figur 2.5. Hellum-lokaliteten. Figuren viser målinger af jordens elektriske ledningsevne målt i millisie-mens/meter. Måleværdier på 0-5 mS/m findes kun få steder (lyserød), især i det nordlige område. De største områder viser måleværdier på 5-10 mS/m (lyserød). Højere værdier 10-15 mS/m (mørkerød) findes kun pletvis og især i lavninger i den centrale del.



Figur 2.6. Variogram af EM38-målingerne fra Hellum-lokaliteten. Punkterne er den eksperimentelle semivariance. Den røde linie er den bedst fittede sfæriske model med følgende parametre (defineret i KUPA rapport nr. 2 (Barlebo et al. 2002)): Range = 56/285 m, sill = 0,4 og nugget= 1,5. Dobbelte Range-værdier indikerer forskellige variationsmønstre over korte og store afstande.



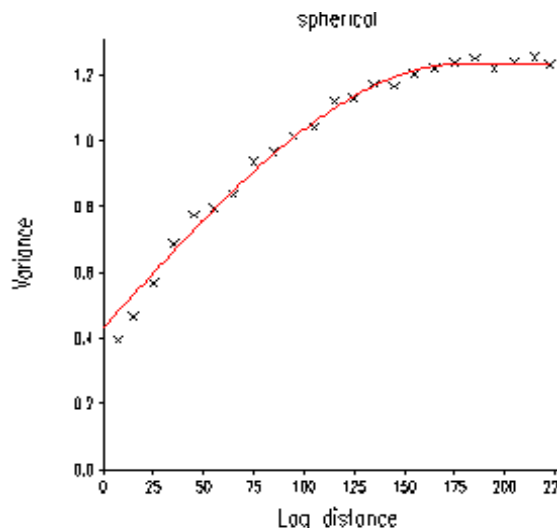
Figur 2.7. Hellum-lokaliteten. Undersøgelsesmarkens geografiske placering ved Hellum. Markens udstrækning er vist med rødt. Udgravningen af fuldt undersøgelsesprogram profilet er lavet ved det blå punkt.

2.2.3 Flyvbjerg-lokaliteten

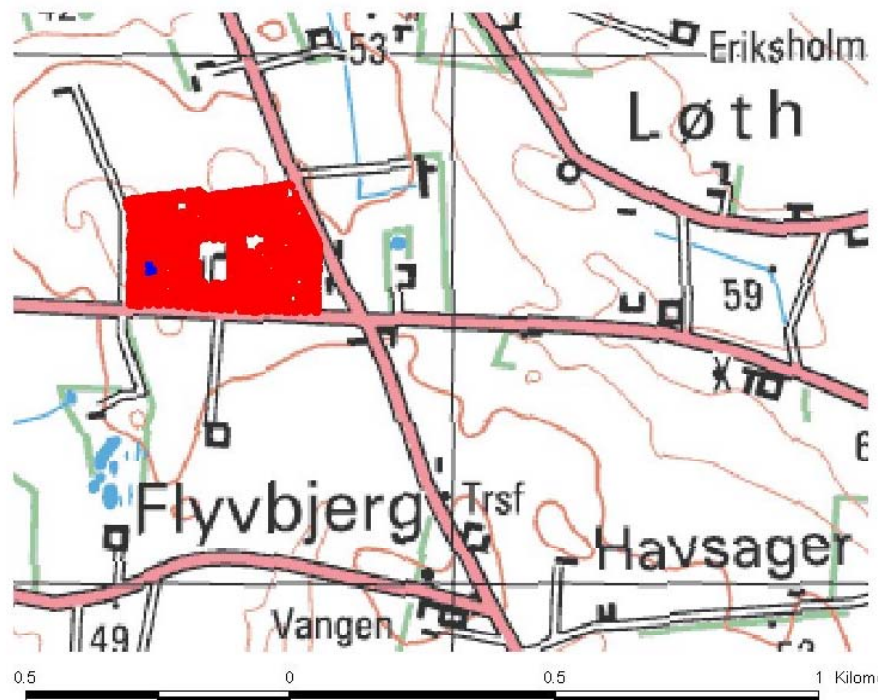
Resultater fra EM38-undersøgelsen af Flyvbjerg-lokaliteten er vist på fig. 2.8 og 2.9. Ud fra disse er placeringen af udgravningen af fuldt undersøgelsesprogram profilet bestemt (fig. 2.10)



Figur 2.8. Resultater fra EM38-undersøgelsen af Flyvbjerg-lokaliteten. Figuren viser målinger af jordens elektriske ledningsevne målt i millisiemens/meter. Ud fra disse målinger er placeringen af profil udgravningen foretaget. De største områder viste måleværdier på 5-10 mSm/m (lyserød). Måleværdier på 0-5 mSm/m fandtes kun få steder (lys). Højere værdier 10-15 og 15-22,5 mSm/m findes kun pletvis og er atypiske (rød og mørkerøde).



Figur 2.9. Variogram af EM38-målingerne fra Flyvbjerg-lokaliteten. Punkterne er den eksperimentelle semivariance. Den røde linie er den bedst fittede sfæriske model med følgende parametre (defineret i KUPA rapport nr. 2 (Barlebo et al. 2002)): Range = 178 m, sill = 0,8 og nugget= 0,4.



Figur 2.30. Flyvbjerg-lokaliteten. Undersøgelsesmarkens geografiske placering ved Flyvbjerg. Markens udstrækning er vist med rødt. Udgravningen af fuldt undersøgelsesprogram profilet er lavet ved det blå punkt.

3 Resultater af profil undersøgelserne

3.1 Pedologi

Forfatter: Søren Torp (DJF)

Undersøgelokaliteternes pedologiske forhold og de dominerende jordbundsdannende processer er beskrevet i de følgende afsnit. I kapitel 3.3 findes en detaljeret beskrivelse af de fysiske, kemiske og mineralogiske forhold på de tre lokaliteter.

Der er foretaget en dansk jordbundsklassifikation efter "Et pedologisk jordbundklassifikationssystem baseret på danske jorde" (Madsen 1985) og en klassifikation efter World Reference Base for Soil Resources (FAO 1998). I øvrigt skal der henvises til KUPA rapport nr. 2, Metoderapport (Barlebo et al. 2002) med hensyn til profilgravning, beskrivelsesmetoder, analysemetoder m.m. 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.).

Tabel 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		groft mellem
0,125 - 0,2		fint mellem
0,063 - 0,125		fint
0,020 - 0,063	Silt	Silt
0,002 - 0,020	groft	groft
	fint	fint-mellem
< 0,002	Ler	Ler

3.1.1 Gammelkirke lokaliteten

Feltarbejdet ved fuldprofilpunktet Gammelkirke blev foretaget den 3. oktober 2001. Der blev udtaget prøver i tre jordbundshorisonter. Fotos og profilskitser ses på figur 3.1 – 3.4

Jordbundsprofilen klassificeres i det danske system (Madsen 1985) som en Brunpodsol pga. den diagnostiske Bvs-horizont. Da C-horizonten indeholder en kontinuert fragipan bliver det en Fragi Brunpodsol. I World Reference Base for Soil Resources (FAO 1998) bliver jorden en Mollic Fragic Gambisol.

3.1.1.1 Jordbundsudvikling

Jordlagene i morænesandet på Gammelkirke lokaliteten er eller har været påvirket af følgende fysiske og jordbundsgenetiske processer: Materiale pålejring, forbruning og podsolering, Frost/tø-processer, udvaskning og jordbrugskalkning (tabel 3.2.).

I denne sandede moræneaflejring ved Gammelkirke er det oprindelige kalkindhold udvasket i hele den undersøgte dybde. I nyere tid, mens jorden har været dyrket som landbrugsjord, er der tilført karbonat som mergel og landbrugskalk. Det ses på den omvendte pH-profil i de tre øverste analyse prøver (tabel 3.6).

Den dominerende jordbundsdannede proces i B-horisonen er forbruning og en initial podsolering. Forbruning ved forvitring af primærminerale. Det underbygges af det forholdsvis høje indhold af Fe og Al i de to øverste horisoner der tyder på ophobning som følge af kompleksbinding til humusstofferne i A- og B-horisonerne.

Teksturelt er kornstørrelsesfordelingen en typisk sandet moræneaflejring med finsand som den dominerende fraktion. Den sandede topjord er dog så leret at de podsolerende processer ikke kan erkendes som værende dominerende.

Om der har været en egentlig podsoleringsproces på et tidspunkt kan dog ikke erkendes ved tilstedeværelsen af nogen diagnostisk horisont på grund af den landbrugsmæssige pløjning. Materialet fra en sådan podsolering findes da i givet fald opblandet og homogeniseret i Ap- og Ap₂-horisonerne i dag. Med den nuværende landbrugspraksis må det formodes eventuelle podsolerende processer er sat i stå.


Sporene af et tidligere pløjelag, en Ap₂-horisont, under det nuværende pløjelag viser at der siden opdyrkningen er påført materiale sandsynligvis ved sandflugt/jordfygning.

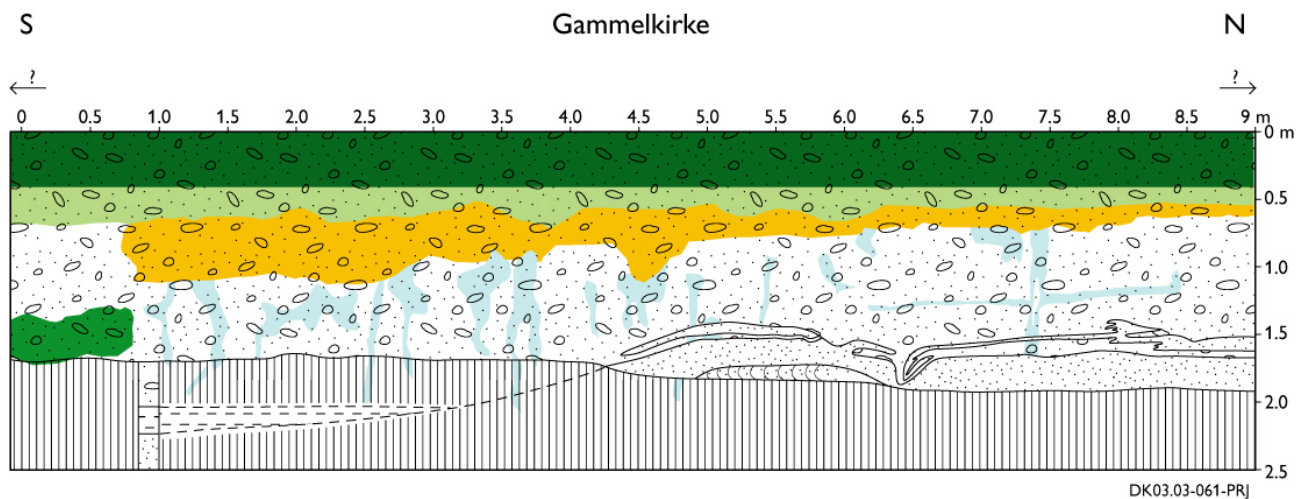
Der findes en moderat hård pladeagtig fragipan udbredt kontinuert i 60-165 cm's dybde. For at der kan dannes en fragipan skal jorden have været eksponeret for tø/frost- og våd/tørre-processer i perioder med permafrost i sidste istid (Payton 1992).

Fragipanen har en høj densitet (1,74 g/cm³ (tabel 3.9)) og kan brydes i vandrette linseformede aggregater. Fragipans udvikles ved gentagne cykler af tø/frost- og våd/tørring. Hårdheden af denne fragipan må betegnes som værende moderat. Da fragipanen på denne lokalitet er udviklet på materiale med et forholdsvis lavt lerindhold (tabel 3.6) i forhold til den af Payton undersøgte, er det uvist hvor stor indflydelse fragipanen her har på vandbevægelsen vertikalt/lateralt gennem jorden.

Der er observeret rødder til ca. 90 cm's dybde dvs. en veludviklet dybde. Her er rødderne sandsynligvis stoppet af den pladeagtige fragipan.

Tabel 3.2. Gammelkirke - feltprofilbeskrivelse, områdebeskrivelse og horisontbeskrivelse af profilvæg.

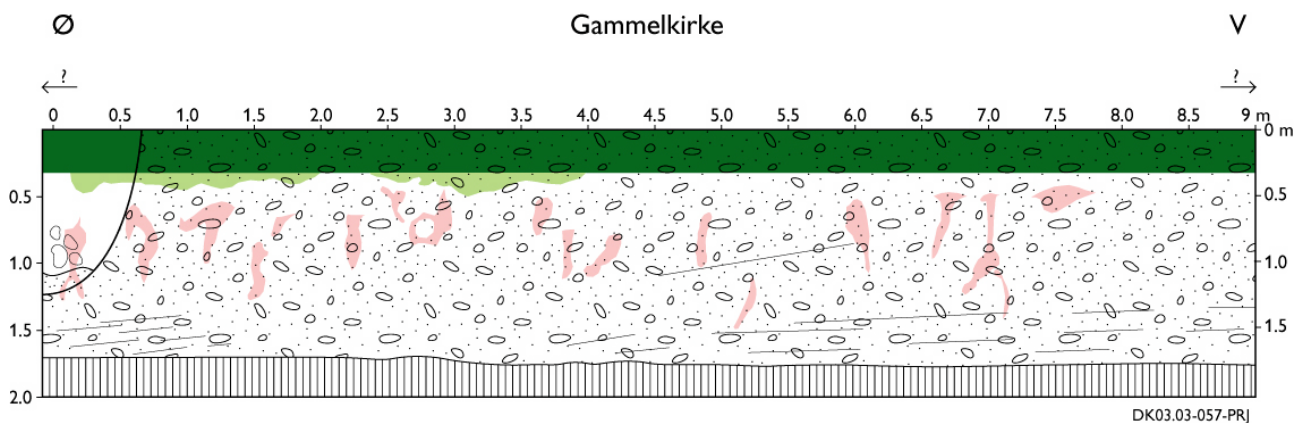
Profil nr. 3160 Gammelkirke			
Dansk jordklassifikation	Fragibrunpodzol	WRB jordklassifikation	Mollic Fragic Gambisol
Udgangsmateriale	Moræneaflejringer	Dræningsklasse	Veldrænet jord
UTM	32 573705 6337675	Profil dybde	165 cm
Beliggenhed	Skråning	Grundvandsdybde	2,2 m
Kote	33 m	Vegetation	Stub efter korn
Landskabsform	Storbakket moræne-landskab	Beskriver	Søren Torp & Steven Ashouti
Hældning	0-1°	Dato	3-10-2001
Bemærkninger	Profilbeskrivelse er lavet på vestvæg ved 2-3m. Ap2-horisonten er ikke kontinuert. Rødder ses til 90 cm. Sonderingsboring til 260 cm (IIC).		
	Horisontbeskrivelse		
	Ap (0-31 cm):		
	Meget mørk grålig brun (10YR 3/2 fugtig) siltet sand; moræneaflejringer; humusholdig, 1-7%; mindre end 5 vol %, små, 2,0-7,5 cm sten, en blanding af tilstand og en blanding af form og typer blandede med kalk; jordbrugskalket, overvejende klumper; hyppige fine rødder; porer, 1-10/dm ² som orme- og rodgange; svag, medium, subangulær struktur; abrupt jævn grænse.		
	Ap2 (31-36 cm):		
	Meget mørk grålig brun (10YR 3/2 fugtig) siltet sand; moræneaflejringer; humusholdig, 1-7%; mindre end 5 vol %, små, 2,0-7,5 cm sten, en blanding af tilstand og en blanding af form og typer blandede uden kalk; nogle fine rødder; porer, 1-10/dm ² som orme- og rodgange; svag, medium, subangulær struktur; fugtig, svagt klæbrig konsistens; gradvis bølget grænse.		
Bvs (36-61 cm):			
Gullig brun (10YR 5/4 fugtig) , med indblanding af lys gullig brun (10YR 6/4 fugtig) siltet sand; moræneaflejringer; en del, 2-20% bleg brun (10YR 6/3 fugtig) afrundede store, større end 15 mm pletter, med svag kontrast og diffus, større end 2 mm grænse; gleypletter på brunlig eller gullig bund; humusfattig; mindre end 5 vol %, små, 2,0-7,5 cm sten, en blanding af tilstand og en blanding af form og typer blandede uden kalk; mindre end 5 vol % bløde noder, afrundede, Fe-oxider & hydroxider (røde); med en diameter større end 1 cm; få fine rødder; porer, 1-10/dm ² som orme- og rodgange; moderat, medium, angulær struktur; fugtig, fast konsistens; kontinuert af moderat tykke coatings af humus i rodgange; diffus bølget grænse.			
C (61-165 cm):			
Gullig brun (10YR 5/4 fugtig) siltet sand med indblanding af farven gullig brun (10YR 5/4 fugtig); moræneaflejringer; en del, 2-20% lys gullig brun (2,5Y 6/4 fugtig) brogede store, større end 15 mm pletter, med svag kontrast og diffus, større end 2 mm grænse; gleypletter på brunlig eller gullig bund; humusfattig; mindre end 5 vol %, små, 2,0-7,5 cm sten, en blanding af tilstand og en blanding af form og typer blandede uden kalk; moderat, meget grov, kontinuert, pladeagtig fragipan.			
II C (220-			
Bleg gul (2,5Y 7/3 fugtig) sand; glaciale ferskvandsaflejringer; humusfattig; fugtig, ikke klæbrig og løs konsistens.			



Figur 3.1. Profilskitse fra syd-nord profilvæggen i Gammelkirke farve viser pedologien og stregerne den geologiske opmåling. En udførlig signaturforklaring findes i appendiks.



Figur 3.2. Sammensat billede af syd-nord profilvæggen i Gammelkirke. Billedet er ca. 8 meter langt og 1,5 meter højt.



Figur 3.3. Profilskitse fra øst-vest væggen i Gammelkirke. Farverne viser pedologien og stregerne den geologiske opmåling. En udførlig signaturforklaring findes i appendiks.



Figur 3.4. Sammensat billede af øst-vest profilvæggen i Gammelkirke. Billedet er ca. 10 meter langt og 1.2 meter højt.

3.1.2 Hellum lokaliteten

Profilet ved Hellum blev gravet og beskrevet den 13. marts 2002. Der blev udtaget jordprøver fra seks jordbundshorisonter. Desuden blev der fra større dybde med borerig udtaget en prøve fra et jordlag over grundvandsspejlet. Profilmotos og pedologisk og geologisk opmåling ses på figur 3.5 – 3.8.

Profilet klassificeres i det danske system (Madsen 1985) som en Typibrunsol pga. den diagnostiske Bv-horizont. Da jorden er båndet betragtes B(g) ikke som en lerakkumuleringshorizont, selvom der er et spring i lerprocenten. Da der er pseudogley bliver jorden en Pseudogley Typibrunsol.

I World Reference Base for Soil Resources (FAO 1998) bliver jorden en Arenic Umbrisol.

3.1.2.1 Jordbundsudvikling

Jordbundsprofilet ved Hellum er domineret af følgende fysiske og kemiske processer: Forbruning, udvaskning, jordbrugskalkning.

Den forbrunede Bv-horizont er diagnostisk for brunsollerne (tabel 3.3). Forbruning skyldes frigivelse af sesquioxider ved forvitring af primærminerale (Schefer & Schachtsschabel 1989). Modsat podsole-ring er transport ved forbruning normalt ikke erkendbar.

Betragter man fordelingen af Fe- og Al-oxider i de to øverste horisonter i dette profil er der et højere indhold af Fe og Al i Ap undtages for Fe (ox) der har det højeste indhold i Bv-horizonten.


Lers højere indhold af oxider afspejles ned gennem profilen ved at ler/silt lag også har et større indhold af Fe og Al. Dette højere indhold kan for en del tilskrives disse lags højere forvitningspotentialer til sandede lag. Om der har foregået en transport af sesquioxider i de øvre horisonter kan dog ikke udelukkes, men det sløres af landbrugsdriften og jordlagenes båndethed. Madsen (1988) konkluderer således at det ikke er muligt at udskille jordtyper i Himmerland på basis af det DCB opløselige aluminiumsindhold.

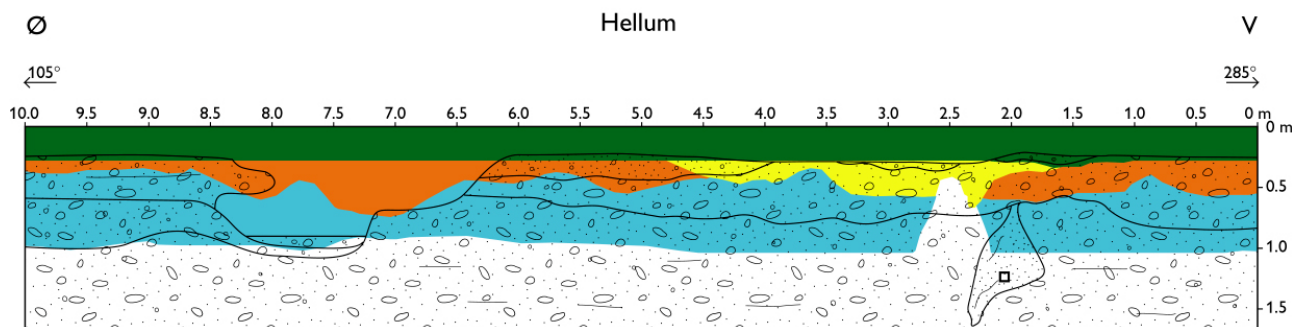
Jordens pH værdi er på ca. 6 (H₂O) ned gennem hele jordsøjlen. Ap-horizonten viser at jorden, for de øvre jordlag, ikke er i sin naturlige sure tilstand (Madsen 1988). Det ses ligeledes på det høje Ca-ion indhold og dermed på basemætningen der viser en større værdi i Ap-horizonten end i den underliggende horisont.

Jorden er moderat veldrænet og der er pseudogley begyndende i 36 - 86 cm's dybde og nedad.

Der findes meget få (< 5%) bløde noder Fe-oxider & hydroxider i Bv-horizonten stigende til 5 – 15% i B(g)-horizonten. I C(g)-horizonten falder indholdet af Fe-noder igen (<5%) og der optræder også sorte bløde Mn-noder (tabel 3.3).

Tabel 3.3. Feltprofilbeskrivelse, områdebeskrivelse og horisontbeskrivelse af profilvæg ved Hellum.

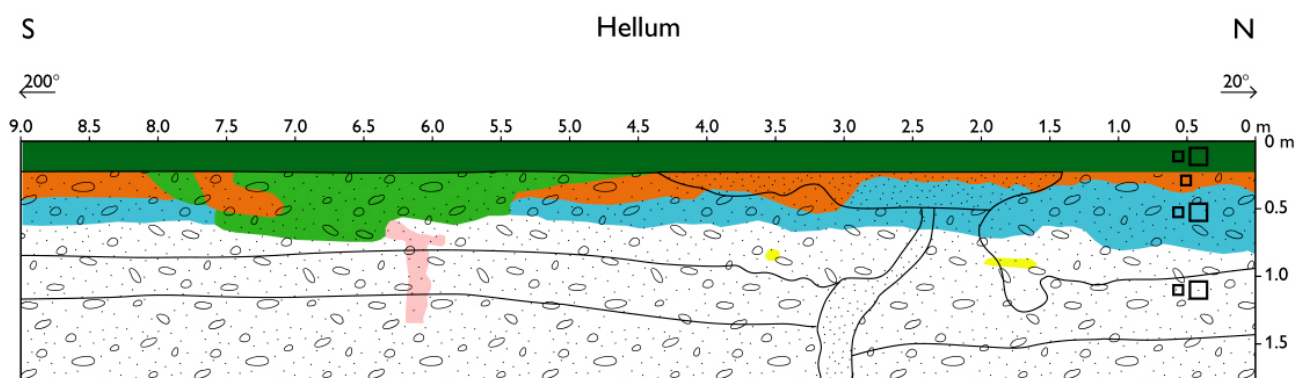
Profil nr. 3172 Hellum			
Dansk jordklassifikation	Pseudogley typi-brunsol	WRB jordklassifikation	Arenic Umbrisol
Udgangsmateriale	Moræneaflejringer	Dræningsklasse	Moderat veldrænet jord
UTM	32 569808 6346215	Profil dybde	175 cm
Beliggenhed	Svag skråning	Grundvandsdybde	3,6 m
Kote	32 m	Vegetation	Høstet afgrøde
Landskabsform	Storbakket morænelandskab	Beskriver	Søren Torp
Hældning	1-3°	Dato	13-3-2002
Bemærkninger	<p>B(g): Pseudogley striber er mindre lerholdige end omgivende matrix; horisonten opsprækket til en grov granulær struktur; i horisonten findes lodretstående humusforede ormegange; rødder mellem aggregater og ormegange.</p> <p>Max roddebybde 85 cm; typisk roddebybde 70 cm.</p>		
	Horisontbeskrivelse		
	Ap (0-25 cm):		
	<p>Meget mørk grålig brun (10YR 3/2 fugtig) lerholdigt siltet sand; moræneaflejringer; humusholdig, 1-7%; mindre end 5 vol. %, små, 2,0-7,5 cm store sten, af blandet tilstand og en overvejende afrundet af form og typer blandede uden kalk; nogle fine rødder; strukturløs; abrupt jævn grænse.</p>		
	Bv (25-36 cm):		
<p>Brun (10YR 5/3 fugtig) siltet sand; moræneaflejringer; humusfattig; mindre end 5 vol. %, små, 2,0-7,5 cm sten, en blanding af tilstand og en overvejende afrundet af form og typer blandede uden kalk; mindre end 5 vol. % bløde noduler, afrundede, Fe-oxider & hydroxider (røde); med en diameter større end 1 cm; få fine rødder; porer, 1-10/dm² som orme- og rodgange; moderat, medium, subangulær struktur; fugtig, svagt klæbrig konsistens; gradvis bølget grænse.</p>			
B(g) (36-86 cm):			
<p>Brunt (10YR 5/3 fugtig) leret siltet sand; med indblanding af lerholdigt siltet sand moræneaflejringer; mange mere end 20% lys brunlig grå (2,5Y 6/2 fugtig) lodret stribede store, større end 15 mm pletter, med fremtrædende kontrast og klar, mindre end 2 mm grænse; grålige gleystrimler på brun bund; humusfattig; mindre end 5 vol. %, små, 2,0-7,5 cm sten, af blandet tilstand og en overvejende afrundet af form og typer blandede uden kalk; 5-15 vol. % bløde noduler, blandede, Fe-oxider & hydroxider (røde); med en diameter større end 1 cm; nogle fine rødder; porer, 1-10/dm² som orme- og rodgange; stærk, grov, angulær struktur; fugtig, meget plastisk konsistens; meget lidt plettet af tynde coatings af humus gradvis jævn grænse.</p>			
C(g) (86-175 cm):			
<p>Gullig brun (10YR 5/4 fugtig) lerholdigt siltet sand; moræneaflejringer; en del, 2-20% lys gullig brun (2,5Y 6/3 fugtig) brogede store, større end 15 mm pletter, med fremtrædende kontrast og klar, mindre end 2 mm grænse; gleypletter på brunlig eller gullig bund; humusfattig; mindre end 5 vol. %, små, 2,0-7,5 cm sten, en blanding af tilstand og en overvejende afrundet af form og typer blandede uden kalk; mindre end 5 vol. % bløde noduler, afrundede, Fe- og Mn-oxider & hydroxider (sorte); med en diameter mindre end 1 cm; svag, grov, subangulær struktur; fugtig, ikke plastisk konsistens.</p>			



Figur 3.5. Profilskitse fra Øst-Vest væggen i Hellum. Farverne viser pedologien og stregerne den geologiske opmåling. En udførlig signaturforklaring findes i appendiks.



Figur 3.6. Sammensat billede af Øst-Vest profilvæggen i Hellum. Billedet er ca. 10 meter langt 1,2 meter højt.



Figur 3.7. Profilskitse fra Syd-Nord væggen i Hellum. Farverne viser pedologien og stregerne den geologiske opmåling. En udførlig signaturforklaring findes i appendiks.



Figur 3.8. Sammensat billede af Syd-Nord profilvæggen i Hellum. Billedet er ca. 10 m langt og ca. 1,2 meter højt.

3.1.3 Flyvbjerg lokaliteten

Profilet ved Flyvbjerg blev gravet og beskrevet den 2. marts 2002 (figur 3.9 – 3.12). Der blev udtaget jordprøver fra seks jordbundshorisonter. Desuden blev der fra større dybde med borerig udtaget en prøve fra jordlag over grundvandsspejlet.

Profilet klassificeres i det danske system (Madsen 1985) som en Blandingsbrunsol pga. den diagnostiske Bv-horizont og de teksturelle skift. Da der er en pseudogley bliver det en Pseudogley Blandingsbrunsol. Lerprocenten er stigende fra Ap til Bv-horizonten fra 9,5 til 15,4 (tabel 3.4), hvilket langt overstiger de 3% stigning, der er diagnostiske for en lerudfældningshorizont. Af fysiske tegn på transport i Bv-horizonten sås kun humusforede regnormegange, der var ikke andre eluviative tegn der kunne berettige en navngivning. Tekstur forskellene må betragtes som bånding.

I World Reference Base for Soil Resources (FAO 1998) bliver jorden en Mollic Abruptic Gambisol.

3.1.3.1 Jordbundsudvikling

De dominerende jordbundsdannede processer i Flyvbjerg er: Karbonatudvaskning, forbruning, pseudogleydannelse, jordbrugskalkning.


Ved forbruning bliver de ved forvitring frigivne jernoxider kompleksbundet, fortrindvis til Ca-ioner. Denne kompleksbinding forhindrer mobilisering af jern og aluminium så længe der findes kompleksbindere i horisonten. Forbruningshorisonten (Bv-horizonten) kendes på den karakteristiske brune farve (figur 3.9 – 3.12) og den er lokaliseret umiddelbart under pløjelaget (Ap-horizonten).

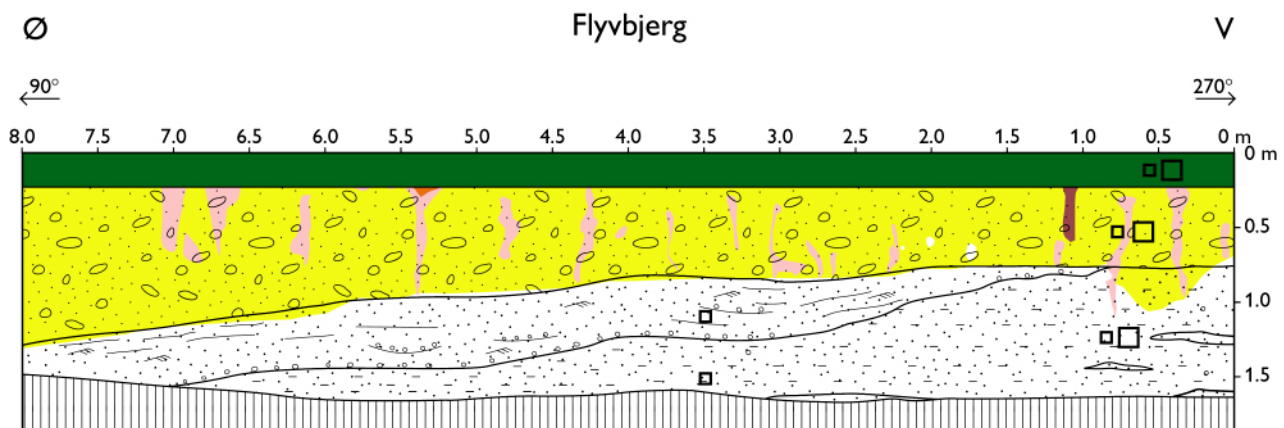
Der er generelt et lavt indhold af organisk kulstof i alle horisonter (tabel 3.8). Ap-horizonten har ligeledes et lavt kulstof indhold sammenlignet med andre pløjelag, et tegn på god omsætning i jorden, dvs. tilsyneladende er der ingen podsoleringsprocesser der har været aktive.

Udgangsmaterialets oprindelige kalkindhold er udvasket mindst indtil 3,5 meters dybde måske mere (tabel 3.4). Sammenlignet med pH i jorde fundet af Madsen (1983) i undersøgelser af lignende lerfattigt glaciogent materiale i Himmerland, er pH-værdierne for de øvre jordlag på samme niveau for de øvre jordlag. Madsen (ibid) konkluderer ligeledes at pH i de øvre jordlag er hævet ved jordbrugskalkning i forhold til samme jorder under skov. Det ses at Ca-ioner udgør den største andel af de udbytbare baser især i Ap-horizonten. Denne baseion berigelse i de øverste horisonter taler for at jorden på et tidspunkt har været kalket.

Lodrette grålige pseudogley striber i Bv-horizonten kan tillægges preferentiell strømning og vandstuvning i horisonten i nedbørsrige perioder.

Tabel 3.4. Feltprofilbeskrivelse, områdebeskrivelse og horisontbeskrivelse af profilvæg ved Flyvbjerg.

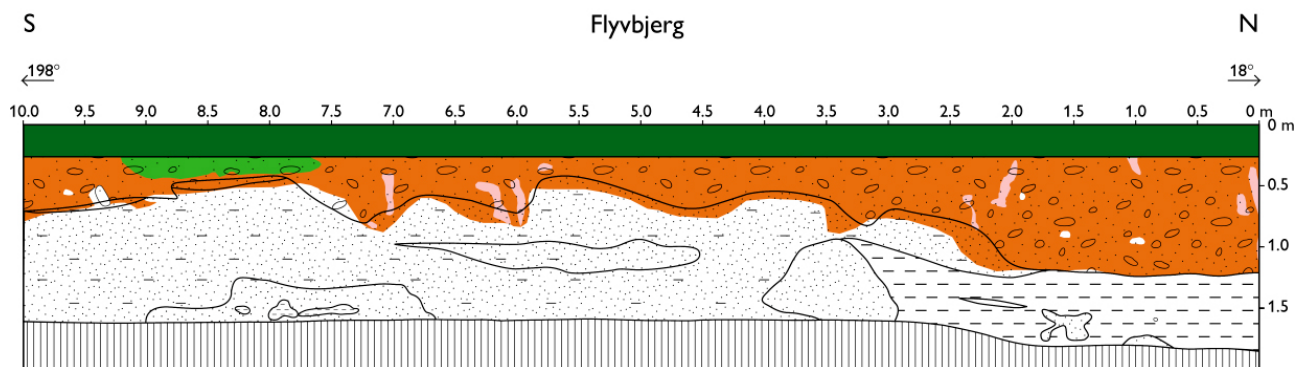
Profil nr. 3171 Flyvbjerg			
Dansk jordklassifikation	Pseudogley Blandingsbrunsol	WRB jordklassifikation	Mollic Abruptic Gumbisol
Udgangsmateriale	Moræneaflejring	Dræningsklasse	Moderat veldrænet jord
UTM	32 564422 6352601	Profil dybde	190 cm
Beliggenhed	Løth	Grundvandsdybde	-
Kote	56 m	Vegetation	Høstet afgrøde
Landskabsform	Storbakket morænelandskab	Beskriver	Søren Torp
Hældning	2-3°	Dato	2-3-2002
Bemærkninger	<p>Max roddebybde 90 cm; typisk roddebybde 45 cm.</p> <p>Bv: Lodrette ormegange er humusforede, nogle helt fyldt med hårtynde rødder. Pseudogley striber med tegn på preferentiel strømning. I denne zone findes hårtynde rødder.</p>		
	<p>Horisontbeskrivelse</p> <p>Ap (0-25 cm):</p> <p>Mørk grålig brun (10YR 4/2 fugtig) lerholdigt sand; moræneaflejringer; humusholdig, 1-7%; mindre end 5 vol. %, små, 2,0-7,5 cm store sten, af blandet af tilstand, form og type med kalk; jordbrugskalket, overvejende pulver; hyppige fine rødder; porer, 10-40/dm² som orme- og rodgange; moderat, grov, subangulær struktur; abrupt jævn grænse.</p> <p>Bv (25-120 cm):</p> <p>Gullig brun (10YR 5/2 fugtig) lerholdigt sand; moræneaflejringer; en del, 2-20% stærk brun (7,5YR 5/6 fugtig) lodret sribede store, større end 15 mm pletter, med fremtrædende kontrast og diffus, større end 2 mm grænse; grålige gleyslirer på brun bund; humusfattig; mindre end 5 vol. %, små, 2,0-7,5 cm sten, en blanding af tilstand og en blanding af form og typer blandede uden kalk; mindre end 5 vol. % bløde noder, afrundede, Fe-oxider & hydroxider (røde); med en diameter større end 1 cm; nogle fine rødder; porer, 1-10/dm² som orme- og rodgange; stærk, meget grov, angulær struktur; fugtig, plettet af tykke coatings af lerminerale (+ sesquioxider) og humus i rodgange; diffus bølget grænse.</p> <p>C (120-190 cm):</p> <p>Gullig brun (10YR 5/2 fugtig) leret sandet silt, og teksturelle bånd af farven lys gullig brun (10YR 6/4 fugtig); og bånd af siltet finsand; glaciale ferskvandsaflejringer; humusfattig; stærk, grov, angulær struktur.</p>		



Figur 3.9. Profilskitse fra øst-vest væggen i Flyvbjerg. Farverne viser pedologien og stregerne den geologiske opmåling. En udførlig signaturforklaring findes i appendiks.



Figur 3.10. Sammensat billede af øst-vest profilvæggen i Flyvbjerg. Det reelle forhold mellem horisonterne kan ses på den opmålte skitse figur 3.9. Billedet er ca. 9 meter langt og ca. 1,2 meter højt.



Figur 3.11. Profilskitse fra syd-nord væggen i Flyvbjerg. Farverne viser pedologien og stregerne den geologiske opmåling. En udførlig signaturforklaring findes i appendiks.



Figur 3.12. Sammensat billede af syd-nord profilvæggen i Flyvbjerg. Billedet er ca. 7 meter langt og ca. 1,3 meter højt. Profilets højre halvdel er ikke medtaget.

3.1.4 Pedologiske karakteristika, forskelle og ligheder på de tre morænesandslokaliteter.

Resultaterne af undersøgelserne af morænesands lokaliteterne Gammelkirke, Hellum og Flyvbjerg. Alle de tre jorder har øverst en menneskeskabt Ap-horisont på ca. 30 cm's tykkelse. Alle jorde er karbonatberiget ved kalkning.

Det totale kulstofindhold i Ap-horisonterne er ca. 1,8%, undtagen for Flyvbjerg der har et lavere kulstof indhold på 1,1 %. Omsætningen på Flyvbjerg jorden er antagelig højere end på de andre to lokaliteter.

Den normale jordbundgenese for de tre lokaliteter er forbruning med opbygning af en Bv-horisont. Den karakteristiske brune farve skyldtes Bv-horisontens indhold af jernoxider. Jorden i Gammelkirke har også moderate træk af podsolering.

Det er generelt at jordens oprindelige kalkindhold er udvasket til stor dybde. I moderne tid er pH i jorde ne kunstigt hævet ved brug af jordbrugskalk. Det giver sig bl.a. udslag i fordelingen mellem de ombyttelige baser, der viser den samme tendens i alle jorderne, nemlig at calcium er den dominerende ombyttelige base.

Med hensyn til vandpåvirkning er Gammelkirke veldrænet uden tegn på vandpåvirkning, mens Hellum og Flyvbjerg er moderat veldrænede med pseudogley striber som tegn på temporær vandstuvning.

Jorden ved Gammelkirke har en moderat hård pladeagtig fragipan fra ca. 90 cm's dybde (61-165 cm). Der er ingen tegn på at denne fragipan er så veludviklet, at den er vandstandsende.

Luftskiftet er således ikke begrænsende for rodudbredelsen på nogen af lokaliteterne og kun hindret i begrænset omfang af fragipanen i Gammelkirke.

I Hellum og Flyvbjerg blev der i selve pseudogleystriberne observeret hårfine rødder som tilsyneladende benyttede denne adgangsvej til vandforsyning.

3.2 Geologi

Henrik Vosgerau (GEUS), Vibeke Ernsten (GEUS) og Peter Roll Jakobsen (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 sedimenter i særegne enheder karakteriseret ved blandt andet deres kornstørrelsesfordeling, sorteringsgrad og sedimentære strukturer er beskrevet nærmere i KUPA rapport nr. 2, Metode-rapport (Barlebo et al. 2002). Generelt er det dog kun muligt at erkende de primære sedimentære strukturer i C-horisonten, da jordbundsudvikling har udvisket strukturerne i den øvre del af udgravningerne. For de enkelte marker præsenteres geologien i boringen, der indgår i fuldt undersøgelsesprogram profilet, 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 Gammelkirke lokaliteten

Ved Gammelkirke er der udført to udgravninger. I den første udgravning var der 1 m morænesand, der overlejrede smeltevandssand og smeltevandsler. På det tidspunkt, at udgravningen blev udført, var det et krav ved udvælgelsen af lokaliteter, at hele den umættede zone helst skulle udgøres af den jordart, som skulle undersøges. Da dette viste sig vanskeligt at opfylde for morænesandslokaliteter i Vendsyssel, blev der sidenhen slækket på dette krav (se kapitel 2). Den første udgravning ved Gammelkirke nåede dog at blive stoppet, og istedet blev der udført en anden udgravning, hvor der i størstedelen af udgravningen var morænesand i fuld dybde. Det er den anden udgravning, der repræsenterer lokaliteten Gammelkirke, og den vil herefter blive kaldt udgravningen, mens den første bliver kaldt prøvegravningen.

I prøvegravningen var der i smeltevandssandet og -leret små overskydninger og hældende lag, der kan fortælle om bevægelsesretningen af den is, der aflejrede det overliggende morænesand (se pedologiafsnittet). Lagene stryger i 140° og hælder 70° mod nordøst. Isen må derfor antages at være kommet fra nordøst.

I udgravningen, der repræsenterer lokaliteten Gammelkirke, er der tre sedimenttyper: en sandet diamikt, fint sand og ler (se pedologiafsnittet). Diamikten dominerer sedimenterne i udgravningen og består af gråbrunt, fint sand, der er stærkt siltet og svagt leret, med få spredte sten. Diamikten er strukturløs bortset fra i den nedre del af den sydvendte profilvæg, hvor der stedvis ses en utydelig lagdeling, der i profilvæggen hælder svagt mod øst.

De to øvrige sedimenttyper, sand og ler, ses fra 4 m til 9 m markeringerne i den vestvendte væg fra 1,4 meter under terræn og ned til udgravningens bund. Sandet er finkornet og brungråt. Det er generelt strukturløst, men der forekommer krydslejring, som dog er overkippede, og dermed forstyrrede. Sandet er i kontakt med den overliggende diamikt shearet og delvis trukket op i bunden af diamikten som sandbånd. Leret er brunt, fedt og strukturløst. Leret er indlejret i sandet og ligesom sandet er det deformeret og trukket ud i bånd. Sedimenterne i udgravningen er kalkfrie.

Der blev lavet en håndboring i bunden af den nord-syd vendte del af udgravningen ved 1 meter markeringen. Boringen blev udført fra 1,7 til 2,3 meter og viste at diamiktaflejringen strakte sig ned til 2 meter under terræn. Under denne fandtes det fede brune ler ned til 2,2 meter hvorefter fulgte finkornet sand ned til 2,3 meter. Undergrænsen for diamiktaflejringen dykker derfor mod syd, og diamiktaflejringen bliver således tykkere mod syd.

Det diamikte sand, der dominerer i udgravningen, karakteriseres som en strukturløs morænesand med matrix-understøttede klaster (facies Dmh). Sand- og leraflejringerne, der ses på den vestvendte væg og som er påtruffet i håndboringen, tolkes til at være smeltevandsaflejring. Disse blev stedvis oparbejdet i den overliggende morænesand, da morænesandet blev aflejret af den fremadrykkende gletscher.

Geologien i boringen ved Gammelkirke er beskrevet i figur 3.13. Under et stærkt muldholdigt siltlag følger fra 0,25-1,0 meter et sandlag, der afløses af fedt ler ned til en dybde af 3 meter, hvor mellem til groft sand forekommer indtil bunden af boringen i 6 meter. Sedimenterne er kalkfrie og fremstår ved iltede brune og gulbrune nuancer. På boringstidspunktet (20. marts 2002) blev grundvandsspejlet registreret i 2,21 meter under terræn.

BORERAPPORT
DGU arkivnr : 17. 920
Borested : V. Thorupvej, Gammelkirke
 KUPA, Bor. 350

Kommune : Dronninglund
Amt : Nordjylland

Boringsdato : 20/3 2002

Boringsdybde : 6 meter

Terrænkote : 32,57 meter o. DNN

Brøndborer : Carl Bro A/S
MOB-nr :
BB-journr :
BB-bornr : Gl. Kirke

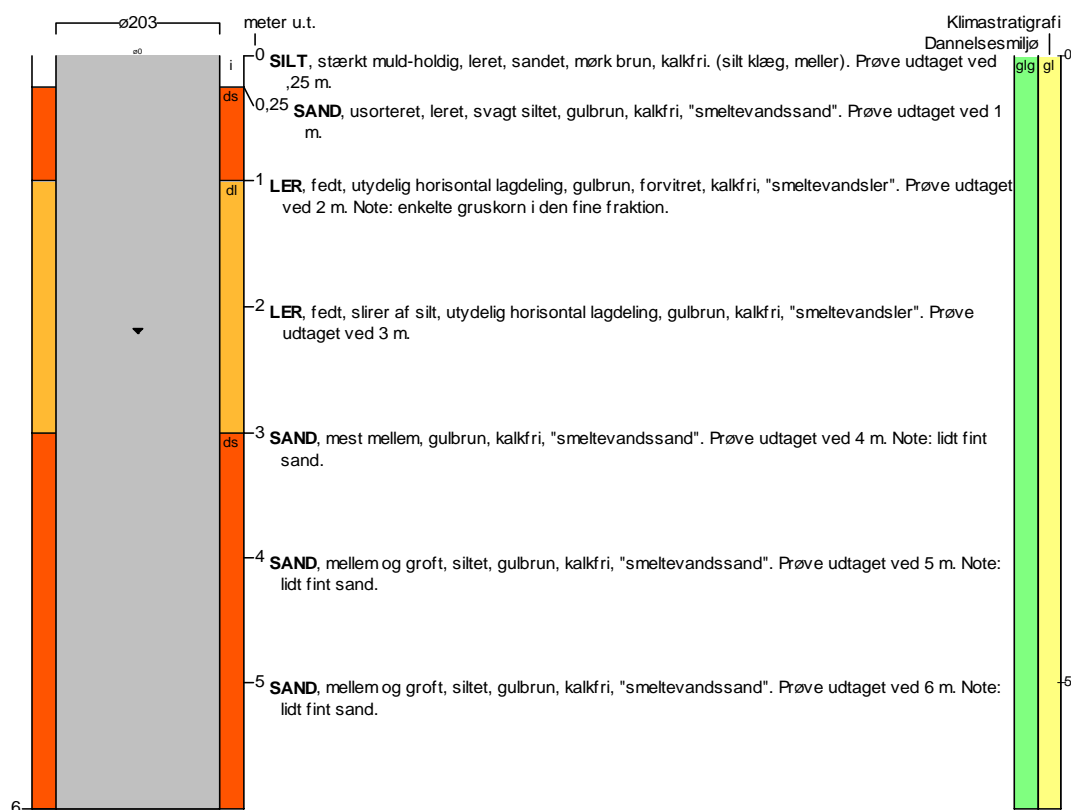
Prøver
 - modtaget : 29/4 2002 antal : 7
 - beskrevet : 4/6 2002 af : AGR
 - antal gemt : 0

Formål : Undersøg./videnskab
Anvendelse : Sløjfet/opgivet bor
Boremetode : Snegleboring

Kortblad : 1317IIINØ
UTM-zone : 32
UTM-koord. : 573706, 6337676

Datum : ED50
Koordinatkilde : GEUS
Koordinatmetode : KMS digitale kort

Indtag 1 (seneste)	Ro-vandstand	Pejledato	Ydelse	Sænkning	Pumpetid
(seneste)	2,21 meter u.t.	20/3 2002			


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

meter u.t.

0 - 6 glacigen - glacial

Figur 3.13. Geologiske forhold ved Gammelkirke, lokalitetsnr. 350 (DGU arkiv nr. 17.920).

3.2.2 Hellum lokaliteten

Sedimentet i udgravningen domineres af gulbrunt fint sand, der er svagt til stærkt leret med spredte gruspartikler og sten. Lerindholdet er generelt højest i den øvre del af profilet, hvor sandet endvidere stedvis går over i stærkt sandet ler eller indeholder linser af stærkt sandet ler. Grænserne mellem det stærkt lerede sand og det stærkt sandede ler er gradvis og utydelig og er derfor ikke indtegnet på profilskitserne (se pedologiafsnittet). Det dårligt sorterede sand, der dominerer i udgravningen, er generelt strukturløst bortset fra tilstedeværelsen af enkelte laggrænser, der stedvis er stærkt ondulerende. I udgravningen forekommer der enkelte steder næsten lodrette lag eller lommer af mellem- til grovkornet sand der er væsentlig bedre sorteret end det omkransende sand. Endvidere forekommer der i den øvre del af profilerne, umiddelbart under muldlaget, udkilende lag af gruset, mellem- til grovkornet sand, der stedvis er svagt leret, men som er mere velsorteret end det sand, som dominerer i udgravningen. Sedimenterne i udgravningen er kalkfrie.

Det dårligt sorterede sand, der dominerer i udgravningen, karakteriseres som en strukturløs morænesand med matrix-understøttede klaster (facies Dmh). Det næsten lodretstående sand tolkes til at være smeltevandssand, som er oparbejdet og aflejret af den gletscher, som også aflejrede morænesandet. Alternativt er der tale om smeltevandssand, der som et vandmættet sediment er trængt op gennem morænesandet, da morænesandet af isen blev aflejret hen over smeltevandssandet. Det grusede, mellem- til grovkornede sand, der ses i den øvre del af profilet og som overlejrer morænesandet, tolkes til at være smeltevandssand, der blev aflejret, da isen smeltede tilbage.

Geologien i boringen ved Hellum er beskrevet i figur 3.14. Den øverste meter består af mellem og groft sand og herefter følger siltet ler ned til 3 meters dybde, hvor vekslende lag af fint, mellem-groft sand fortsætter til bunden af boringen i 6 meter under terræn. Nogle af sandlagene fremstår svagt grusede eller med enkelte gruskorn. Sedimenterne fremstår kalkfrie og med iltede gulbrune farvenuancer. På boringstidspunktet (19. marts 2002) blev grundvandsspejlet registreret i 3,63 meter under terræn.

BORERAPPORT
DGU arkivnr : 17. 921
Borested : Engsigvej, Hellum

Kommune : Brønderslev

KUPA, Bor. 353

Amt : Nordjylland

Boringsdato : 19/3 2002

Boringsdybde : 6 meter

Terrænkote : 31,76 meter o. DNN

Brøndborer : Carl Bro A/S

Prøver
MOB-nr :

- modtaget : 29/4 2002 antal : 7

BB-journr :

- beskrevet : 22/5 2002 af : AGR

BB-bornr : Hellum

- antal gemt : 0

Formål : Undersøg./videnskab

Kortblad : 1317 IVSØ

Datum : ED50

Anvendelse : Sløjfet/opgivet bor

UTM-zone : 32

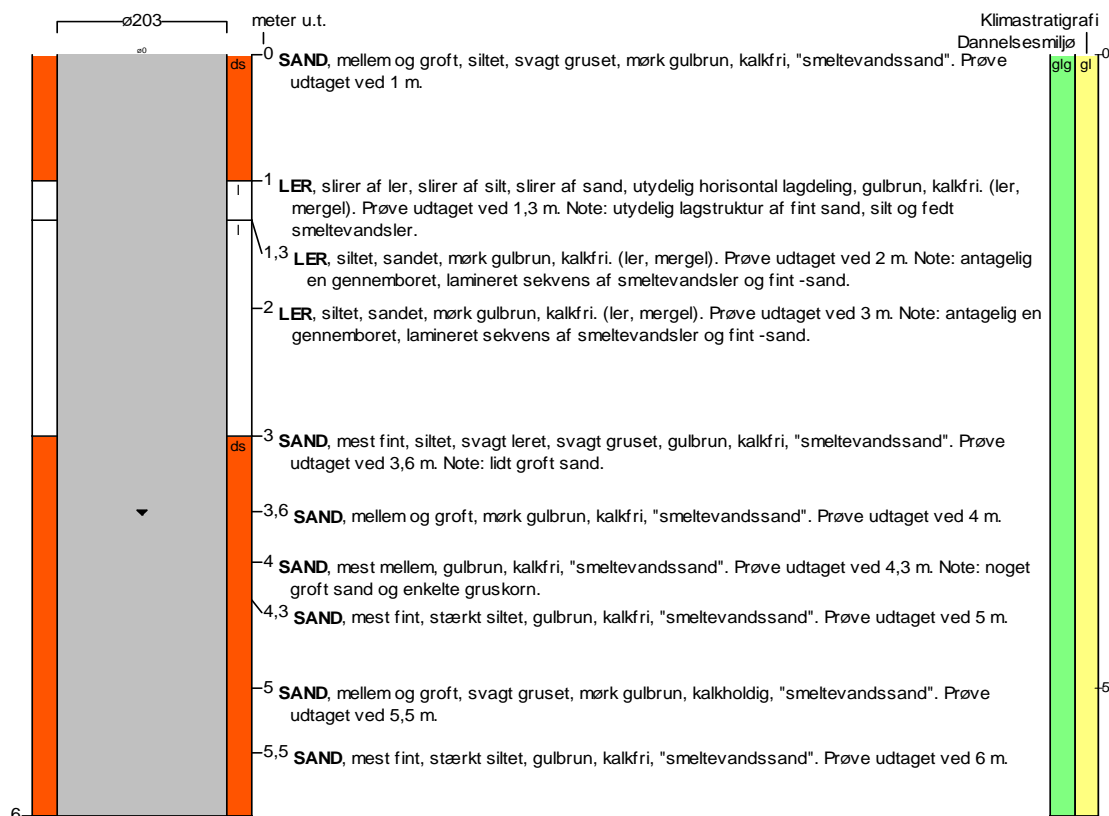
Koordinatkilde : GEUS

Boremethode : Snegleboring

UTM-koord. : 569809, 6346215

Koordinatmethode : KMS digitale kort

Indtag 1 (seneste)	Ro-vandstand 3,63 meter u.t.	Pejledato 19/3 2002	Ydelse	Sænkning	Pumpetid
--------------------	---------------------------------	------------------------	--------	----------	----------


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

meter u.t.

0 - 6 glacigen - glacial

Figur 3.14. Geologiske forhold ved Hellum, lokalitetsnr. 353 (DGU arkivnr. 17.921).

3.2.3 Flyvbjerg lokaliteten

I den øvre del af udgravningen ses gulbrunt, fint sand, der er stærkt leret og med spredte gruspartikler og sten, op til 20 cm store. Sedimentet er således dårligt sorteret. Sandet er strukturløst og har en stærk ondulerende nedre grænse. Tykkelsen varierer fra ca. 0,4-1,2 m. I hele udgravningen ses sandet som et dæklag over de øvrige aflejringer (fig. 3.9 – 3.12 i pedologisafsnittet). På det Ø-V orienterede profil ses umiddelbart under det øvre dæklag et lag af gulbrunt, fint sand, som er gruset langs den nedre grænse og langs enkelte interne laggrænser. Stedvis ses horisontal lamination og krydslaminæ i laget (se pedologiafsnittet). Laget overlejrer et lag af fint sand, der er leret til stærkt leret. Det lerede sand ses også på det N-S orienterede profil, hvor det de fleste steder findes umiddelbart under det øvre dæklag af dårligt sorteret sand. I dette profil indeholder laget også deformerede linser af fint sand, der er svagt siltet og strukturløst. Det lerede sand er stærkt opsprækket i form af små horisontale og vertikale sprækker på hvis overflade ses rustudfældninger. I den nordlige ende af det N-S orienterede profil ses et lag af gulbrun, sandet ler. Leret er strukturløst bortset fra forekomsten af enkelte sandlinser, der fremtræder deformerede. Sedimenterne i udgravningen er kalkfrie.

Det dårligt sorterede sand, der ses som et dæklag i udgravningen, karakteriseres som en strukturløs morænesand med matrix-understøttede klaster (facies Dmh). De underliggende aflejringer af mere vel-sorteret sand og ler, stedvis med horisontal- og krydslamination, tolkes til at være smeltevandsaflejringer. Smeltevandsaflejringerne er stedvis deformerede på grund af belastningen fra den is som afsatte den overlejrende morænesand.

Geologien i boringen på Flyvbjerg mark er beskrevet i figur 3.15. Boringen indledes med 3 meter sandet til ret fed ler. Herefter følger fint sand ned til 3,5 meter, afløst af mellem og groft gruset sand ned til 7,0 meter, hvorefter fint sand følger til bunden af boringen i 11 meters dybde. Sedimenterne fremstår kalkfrie og med iltede gulbrune farvenuancer, der kun i sandlaget fra 3,5-5,0 afløses af en gråbrun farve. Grundvandsspejlet blev ikke antruffet under borearbejdet.

BORERAPPORT
DGU arkivnr : 10. 830
Borested : Serritslevej, Flyvbjerg/ Løth

Kommune : Brønderslev

KUPA, Bor. 354

Amt : Nordjylland

Boringsdato : 19/3 2002

Boringsdybde : 11 meter

Terrænkote : 55,88 meter o. DNN

Brøndborer : Carl Bro A/S

Prøver
MOB-nr :

- modtaget : 29/4 2002 antal : 7

BB-journr :

- beskrevet : 7/6 2002 af : AGR

BB-bornr : Flyvbjerg

- antal gemt : 0

Formål : Undersøg./videnskab

Kortblad : 1317 IVSV

Datum : ED50

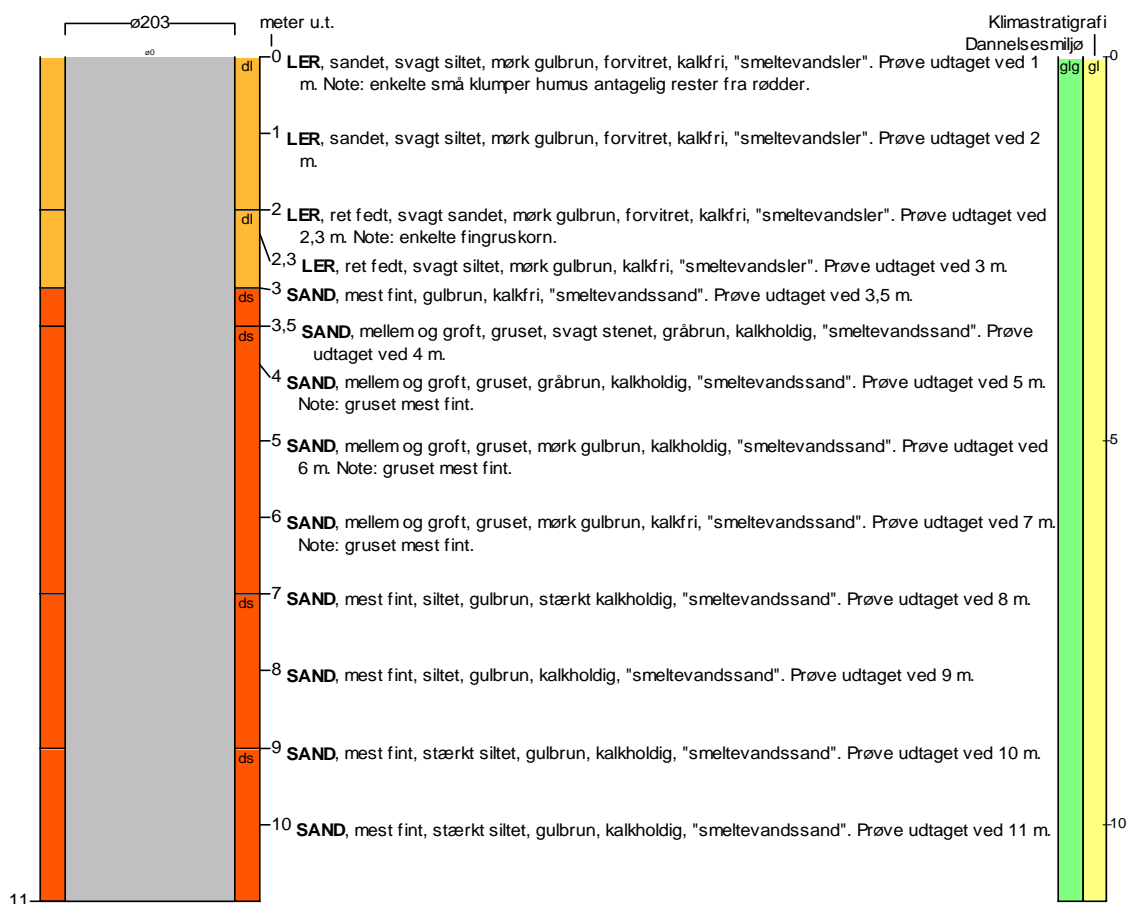
Anvendelse : Sløjfet/opgivet bor

UTM-zone : 32

Koordinatkilde : GEUS

Boremethode : Snegleboring

UTM-koord. : 564424, 6352590

Koordinatmetode : KMS digitale kort

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

meter u.t.

0 - 11 glacialen - glacial

Figur 3.15. Geologiske forhold ved Flyvbjerg, lokalitetsnr 354 (DGU arkivnr. 10.830).

3.3.4 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 m²) af de sedimentære facies fra C-horisonten og nogle tilfælde også B-horisonten. Facies der arealmæssig udgør mindre end 0.5% er ikke medtaget.

	Gammelkirke (Totale areal: 26 m ²)	Hellum (Totale areal: 27 m ²)	Flyvbjerg (Totale areal: 25 m ²)
Dmh: homogen, matrix-understøttet diamikt	94 %*	91 %*	41 %*
Sh: homogen sand	5 %		42 %*
Sv: vandret lamineret sand			10 %*
St: trugskrålejret sand	1 %		
s: Sand hvori primære strukturer ikke kan erkendes p.g.a. jordbundsudvikling eller lignende		9 %	
Fh: homogen ler og silt			7 %

*Facies hvorfra der er udtaget prøver til analyser

Morænesandsaflejringerne i udgravningerne fra de tre lokaliteter har store ligheder, idet de hovedsageligt er strukturløse og har en matrix, der domineres af svagt til stærkt leret, fint sand (facies Dmh). Morænesandsaflejringerne er op til et par meter tykke og overlejrer på alle lokaliteterne smeltevandssand eller smeltevandsler. Smeltevandsaflejringerne udgør en stor andel i udgravningen ved Flyvbjerg (facies Sh, Sv og Fh, tabel 3.5), hvorimod morænesand dominerer i udgravningerne ved Gammelkirke og Hellum. På to af lokaliteterne ses, at det underliggende smeltevandssand er oparbejdet i morænesandet; enten som sandbånd i bunden af morænesandet (lokaliteten Gammelkirke) eller næsten lodrette lag eller lommer af sand i morænesandet (lokaliteten Hellum). Lokaliteten ved Hellum adskiller sig fra de to øvrige lokaliteter ved at morænesandet i dets øvre del stedvis er så leret, at der i realiteten er tale om stærkt sandet moræneler. Endvidere overlejrer morænesandet ved Hellum af et tyndt lag smeltevandssand. Dette er ikke tilfældet ved de to øvrige lokaliteter, hvor morænesand udgør den øvre del af sedimenterne i udgravningerne.

3.3 Fysiske, kemiske og mineralogiske undersøgelser

Vibeke Ernsten (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_{DCB} og Al_{DCB}) og oxalat (Fe_{oxalat} og Al_{oxalat}), optical density of oxalate extract (ODOE), ombyttelige kationer og sure brint-ioner, CEC, indhold af calciumcarbonat, mineralogisk sammensætning og 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.

3.3.1 Lokalteterne Gammelkirke, Hellum og Flyvbjerg

Analysesresultaterne for lokaliteterne Gammelkirke, Hellum og Flyvbjerg fremgår af tabellerne 3.6-3.8.

3.3.1.1 Gammelkirke lokaliteten

Kornstørrelsesfordelingen i prøver fra Gammelkirke indeholder overvejende mængder grovsilt (20-63 μm) og fint sand (63-125 μm), der samlet udgør mellem 48% og 56 %. Dertil kommer typisk > 10 % af hver af fraktionerne finsilt (2-20 μm), fint mellem sand (125-200 μm) og groft mellemsand (200-500 μm). Indholdet af ler (< 2 μm) udgør 6-7 % i Ap- og B-horisonten og stiger til 12 % i C-horisonten. Indholdet af groft sand (0,5-2 mm), grus og sten (2->6,3 mm) er yderst begrænset. Kornstørrelsessammensætningen betyder at Ap- og B-horisonten klassificeres som JB4 type og C-horisonten som JB6 type. Indholdet af organisk stof er 1,84 % C i Ap-horisonten og aftager til 0,95 % C i B-horisonten og 0,13 % C i C-horisonten.

Samtlige undersøgte prøver fremstår kalkfrie. I Ap-horisonten er pH-værdien 6,74 (målt i CaCl_2) og værdien aftager gradvis med tiltagende dybde til 5,44 i 0,60-0,80 meters dybde. Opkalkning bevirker at basemætningen når op på 52 % i Ap-horisonten, hvorefter den aftager til 20-30 % i B- og C-horisonten. Kationombytningskapaciteten (CEC-værdien) er 14 cmol kg^{-1} i Ap-horisonten, hvorefter CEC-værdien aftager til 11 cmol kg^{-1} i B-horisonten og yderlig til 7 cmol kg^{-1} i C-horisonten.

Den mineralogiske sammensætning er domineret af kvarts, med mindre mængder af jern- og aluminiumoxide samt ler. I Ap-horisonten forekommer desuden mindre mængder amfibol samt spor af K-feltspat, Indholdet af K-feltspat stiger i B- og C-horisonten, hvorimod der findes mindre mængder Na-Ca feltspat i samtlige undersøgte horisonter. Forvittrings- og jordbundsdannende processer kan erkendes i fordelingen af jern- og aluminiumoxider. I alle tre horisonter er koncentrationen af Fe_{DCB} omkring 4000 mg Fe kg^{-1} . Indholdet af Al_{DCB} er 1922 mg Al kg^{-1} i Ap-horisonten, hvorefter indholdet stiger til 2565 mg Al kg^{-1} i B-horisonten, for atter at aftage til 1073 mg Al kg^{-1} i C-horisonten. De mineralogiske egenskaber resulterer i en mørk gråbrun Ap-horisont og brune og meget svagt brune farver af henholdsvis B- og C-horisont.

Det specifikke overfladeareal stiger fra 1,4 m^2g^{-1} i Ap-horisonten, til 4,2 m^2g^{-1} i B-horisonten og 10,4 m^2g^{-1} i C-horisonten, der ligeledes er karakteriseret ved det højeste indhold af ler.

Tabel 3.6. Analyseresultater for lokalitetsnr. 350 ved Gammelkirke (DJF profil nr. 3160 og DGU arkivnr. 17.920)

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	
20-1-1-828	Ap	5-25	5,9	11,6	20,4	27,1	16,6	12,6	2,7	0,5	0,0
20-1-2-829	B	38-58	6,9	11,1	25,2	30,9	11,9	10,4	2,0	0,4	6,1
20-1-3-830	C	60-80	11,9	11,6	19,2	31,3	16,5	7,9	1,4	0,3	0,0

KUPA nr.	JB-nr	Org. C %	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	Fe _{oxalat}	Al _{oxalat}	Fe _{DCB}	Al _{DCB}	ODOE
			1:1	1:2,5	mg kg ⁻¹				
20-1-1-828	4	1,84	6,74	6,02	4377	2034	3945	1922	n.d.
20-1-2-829	4	0,95	6,00	5,14	5039	2908	4125	2565	n.d.
20-1-3-830	6	0,13	5,44	4,52	2777	1166	3951	1073	n.d.

KUPA nr.	Ombyttelige kationer cmol kg ⁻¹							Base- mætning %	CaCO ₃ %
	Ca	Mg	K	Na	Baser total	H ⁺	CEC total		
20-1-1-828	6,87	0,28	0,23	0,02	7,40	6,98	14,38	52	0
20-1-2-829	1,92	0,10	0,09	0,01	2,12	8,74	10,86	20	0
20-1-3-830	1,82	0,15	0,12	0,01	2,10	4,91	7,01	30	0

nr.	Mineralogisk sammensætning	Farve	Overfladeareal m ² /g
20-1-1-828	Domineret af kvarts, mindre mængde Fe- og Al-oxider, ler, amfibol, Na-Ca-feldspat samt spor af K-feldspat	mørk gråbrun	1,4
20-1-2-829	Domineret af kvarts, mindre mængde Fe- og Al-oxider, ler, K- og Na-Ca feltspat	brun	4,2
20-1-3-830	Domineret af kvarts, mindre mængde Fe- og Al-oxider, ler, K- og Na-Ca feltspat	meget svag brun	10,4

3.3.1.2 Hellum lokaliteten

Kornstørrelsesfordelingen i prøver fra Hellum indeholder overvejende fraktionerne fint sand (63-125 μm), fint mellem sand (125-200 μm) og groft mellemsand (200-500 μm) der samlet udgør mellem 52 % og 71 %. Dertil kommer typisk omkring 10 % grovsilt (20-63 μm). Indholdet af ler (< 2 μm) er 7-10 % i Ap-, Bv- og C-horisonterne og stiger til 22 % i B(g)-horisonten. I den dybde del af C-horisonten samt i dybden 2,85 meter er lerindholdet bestemt til henholdsvis 19 og 13 %.

Indholdet af groft sand (0,5-2 mm) er 11 % og 16 % i Ap- og Bv-horisonten, hvorefter indholdet aftager for de efterfølgende prøver til < 4%. Grus og sten (2->6,3 mm) er 17 % i Bv-horisonten, men udgør i øvrigt en meget lille del (typisk < 5 %). Kornstørrelsessammensætningen betyder at Bv-horisonten klassificeres som JB3 type, Ap- og C-horisonten (den øvre del) som JB4 type, prøven fra 2,85 meter som JB6 type og B(g)- og C-horisonten (nedre del) som JB7 type. Indholdet af organisk stof er 1,8 % C i Ap-horisonten og aftager til 0,4 % Bv-horisonten og yderligere til 0,1 % C eller lavere i dybere horisonter og lag.

Samtlige undersøgte prøver fremstår kalkfrie. I Ap-horisonten er pH-værdien 5,37 (målt i CaCl_2) og værdien aftager gradvis med tiltagende dybde til 4,73 i henholdsvis 1,45 og 2,85 meters dybde. Basemætningen er 39 % i Ap-horisonten, hvorefter den aftager til 31 % i Bv-horisonten for atter at stige til 72 % i C-horisonten i ca. 1 meters dybde, hvorefter basemætningen atter aftager til 57 % for prøverne udtaget i 1,45 og 2,85 meter. Kationombytningskapaciteten (CEC-værdien) er 16 cmol kg^{-1} i Ap-horisonten, hvorefter CEC-værdien aftager til 7-8 cmol kg^{-1} i B-horisonterne og yderligere til 4-10 cmol kg^{-1} i C-horisonter og laget i 2,85 meter.

Den mineralogiske sammensætning er domineret af kvarts og desuden forekommer betydelige indhold af lerminerale i B(g)-horisonten og de prøverne fra henholdsvis 1,45 og 2,85 m. I de resterende undersøgte prøver forekommer mindre mængder lerminerale. Prøver udtaget under Ap-horisonten indeholder spor af pyrozen og glimmer. Ap-horisonten indeholder spor af feltspat hvorefter indholdet af såvel K- som Na-Ca feltspat øges med dybden og således at indholdet af K-feltspat er generelt højere end indholdet af Na-Ca feltspat. Forvittrings- og jordbundsdannende processer kan erkendes i fordelingen af jern- og aluminiumoxider. Koncentrationen af Fe_{DCB} er omkring 4000 mg Fe kg^{-1} i Ap-horisonten, hvorefter indholdet veksler med tiltagende dybde mellem 2561 og 4634 mg Fe kg^{-1} . Indholdet af Al_{DCB} er 1762 mg Al kg^{-1} i Ap-horisonten, hvorefter indholdet stiger meget lidt til 1797 mg Al kg^{-1} i Bv-horisonten, for atter at aftage til mellem 359 og 664 mg Al kg^{-1} i efterfølgende horisonter og lag. De mineralogiske egenskaber resulterer i en mørk gråbrun Ap-horisont og svagt brune og meget svagt brune farver af de følgende horisonter og lag.

Det specifikke overfladeareal er 1,4 m^2g^{-1} i Ap-horisonten, hvorefter det stiger til 4,9 m^2g^{-1} i Bv-horisonten hvorefter det varierer mellem 4,3 og 14,5 m^2g^{-1} i resten af profilen bestemt ved bl.a. indholdet af ler.

Tabel 3.7. Analyseresultater for lokalitetsnr. 353 ved Hellum (DJF profil nr. 3172 og DGU arkivnr. 17.921).

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		
23-1-1-843	Ap	5-25	7,4	8,1	11,4	20,2	16,1	23,2	10,5	3,7	1,8	
23-1-2-844	Bv	30	9,8	6,2	8,1	13,6	15,1	31,0	15,6	11,7	4,9	
23-1-3-845	B(g)	50-70	21,7	11,3	12,6	21,8	16,2	14,0	2,2	0,3	3,1	
23-1-4-846	C	100-120	7,7	7,8	10,9	27,0	22,9	20,7	2,9	1,0	0,3	
23-1-5-847	sand-lag	125	6,6	0,9	1,9	12,1	22,7	37,6	18,1	11,2	2,4	
23-1-6-910	C	145	18,6	12,1	11,4	21,2	15,2	17,6	3,8	0,8	0,2	
23-1-7-911		285	13,3	18,1	12,6	22,7	16,3	14,1	2,9	0,7	0,6	

KUPA nr.	JB-nr	Org. C %	pH (H ₂ O) 1:1	pH (CaCl ₂) 1:2,5	Fe _{oxalat}	Al _{oxalat}	Fe _{DCB}	Al _{DCB}	ODOE
			mg kg ⁻¹						
23-1-1-843	4	1,8	5,9	5,37	2263	1795	3754	1762	n.d
23-1-2-844	3	0,4	6,2	5,26	1660	2262	2561	1797	n.d
23-1-3-845	7	0,1	6,2	5,28	2421	740	4634	664	n.d
23-1-4-846	4	0,0	6,0	5,02	942	371	2346	398	n.d
23-1-5-847	3	0,0	6,0	4,94	615	708	1480	597	n.d
23-1-6-910	7	0,1	5,8	4,73	2199	603	4494	546	n.d.
23-1-7-911	6	0,0	6,0	4,73	1281	334	3591	359	n.d.

Tabel 3.7. fortsat.. Analyseresultater for lokalitetsnr. 353 ved Helligum (DJF profil nr. 3172 og DGU arkivnr. 17.921).

KUPA nr.	Ombyttelige kationer cmol kg ⁻¹							Base- mætning %	CaCO ₃ %
	Ca	Mg	K	Na	Baser total	H ⁺	CEC total		
23-1-1-843	5,6	0,2	0,4	0,1	6,2	9,9	16,1	39	0
23-1-2-844	1,9	0,1	0,1	0,1	2,2	4,9	7,1	31	0
23-1-3-845	3,5	0,4	0,2	0,1	4,2	3,6	7,8	54	0
23-1-4-846	2,1	0,3	0,1	0,1	2,6	1,0	3,6	72	0
23-1-5-847	1,0	0,2	0,1	0,1	1,4	2,4	3,8	37	0
23-1-6-910	3,5	1,9	0,2	0,1	5,7	4,2	9,9	57	0
23-1-7-911	2,3	1,6	0,1	0,1	4,1	3,1	7,2	57	0

nr.	Mineralogisk sammensætning	Farve	Overfladeareal m ² /g
23-1-1-843	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe- og Al-oxider samt ler, spor af feltspat	mørk gråbrun	1,4
23-1-2-844	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe- og Al-oxider samt ler, spor af pyrozen	svag brun	4,9
23-1-3-845	Domineret af kvarts og ler, mindre mængder Fe-oxider, glimmer, K- og Na-Ca feltspat, spor af Al-oxider og pyrozen	meget svag brun	12,5
23-1-4-846	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe-oxider, ler, glimmer, K- og Na-Ca feltspat, spor af Al-oxider og pyrozen	meget svag brun	6,5
23-1-5-847	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe-oxider, ler, glimmer, K- og Na-Ca feltspat, spor af Al-oxider og pyrozen	lys gulbrun	4,3
23-1-6-910	Domineret af kvarts og ler, mindre mængder Fe-oxider, glimmer, K- og Na-Ca feltspat, spor af Al-oxider og pyrozen	meget svag brun	14,5
23-1-7-911	Domineret af kvarts og ler, mindre mængder Fe-oxider, glimmer, K- og Na-Ca feltspat, spor af Al-oxider og pyrozen	meget svag brun	9,2

3.3.1.3 Flyvbjerg lokaliteten

Kornstørrelsesfordelingen i prøver fra Flyvbjerg indeholder overvejende fraktionerne grovsilt (20-63 µm), fint sand (63-125 µm) og fint mellem sand (125-200 µm) der samlet udgør mellem 51 % og 64 %. Dertil kommer, med undtagelse af prøven fra 3,25 meter, 11-15 % finsilt (2-20 µm), samt for Aphorisonen og prøven fra 3,35 meter omkring 20 % groft mellemsand (200-500 µm). Indholdet af ler (< 2 µm) er, med undtagelse af prøven fra 3,35 meter, over 10 %. Betydelige indholdet af groft sand (0,5-2 mm), grus og sten (2->6,3 mm) ses kun i prøven fra 3,25 meter. Kornstørrelsessammensætningen betyder at prøven fra 3,35 meter klassificeres som JB2 type, Ap som JB4 type, og øvrige prøver som JB7

type. Indholdet af organisk stof er 1,1 % C i Ap-horisonen og aftager til 0,1 % C eller lavere i efterfølgende horisonter og lag.

Samtlige undersøgte prøver fremstår kalkfrie. I Ap-horisonen er pH-værdien 5,97 (målt i CaCl₂) og værdien aftager gradvis med tiltagende dybde til 4,50 i 1,50 meters dybde, hvorefter pH-værdien atter stiger til 5,52 i 3,35 meters dybde. Som følge af tilførsel af jordbrugskalk er basemætningen forholdsvis høj i Ap- og Bv-horisonterne (62-71 %), hvorefter den aftager til 45-49 % i C-horisonen, for atter at stige til 64 % i prøven fra 3,35 meter. Kationombytningskapaciteten (CEC-værdien) er 13 cmol kg⁻¹ i Ap-horisonen, hvorefter CEC-værdien aftager svag til 11 cmol kg⁻¹ i Bv-horisonen og yderlig til 7-8 cmol kg⁻¹ i C-horisonter. Laveste CEC-værdi er målt i prøven fra 3,35 meter, med 2 cmol kg⁻¹.

Den mineralogiske sammensætning er domineret af kvarts og for Bv- og CII-horisonen desuden også af betydelige indhold af lerpartikler. Med undtagelse af Ap-horisonen, ses mindre indhold af glimmer og desuden forekommer spor af amfibol i samtlige undersøgte prøver. I Ap-horisonen forekommer spor af K-feltspat hvorefter indholdet af såvel K som Na-Ca-feltspat stiger ned til C-horisonen. Forvitnings- og jordbundsdannende processer kan erkendes i fordelingen af jern- og aluminiumoxider. Koncentrationen af Fe_{DCB} er omkring 4500 mg Fe kg⁻¹ i de 3 Ap-, Bv- og C-horisonter hvorefter koncentrationen aftager til 1300 mg Fe kg⁻¹ i prøven fra 3,35 meters dybde. Indholdet af Al_{DCB} er 1021 mg Al kg⁻¹ i Ap-horisonen, hvorefter indholdet aftager til 575 mg Al kg⁻¹ i C-horisonen og yderligere til 83 mg Al kg⁻¹ i prøven udtaget i 3,35 meter. De mineralogiske egenskaber resulterer i en svag brun Ap-horison og lys gulbrune eller svagt brune farvenuancer i de følgende horisonter og lag.

Det specifikke overfladeareal stiger fra 3,7 m²g⁻¹ i Ap-horisonen, til mellem 12 og 17 m²g⁻¹ i de to efterfølgende Bv- og CII-horisonter. De laveste specifikke overfladearealer er målt i de sandede og lerfattige prøver hvor arealer omkring 2 m²g⁻¹ er almindelige.

Tabel 3.8.. Analyseresultater for lokalitetsnr. 354 ved Flyvbjerg (DJF profil nr. 3171 og DGU arkivnr. 10.830).

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
			µm						mm		
24-1-1-848	Ap	5-25	9,5	11,0	16,6	23,4	10,7	24,3	2,7	0,8	2,4
24-1-2-849	Bv	31-51	15,4	10,6	15,2	25,6	21,6	9,5	1,9	1,5	2,8
24-1-3-850	IIC	165-185	19,6	15,4	29,7	22,4	9,4	3,0	0,4	0,7	0,0
24-1-4-851	sandlinse	115	2,6	0,9	4,4	25,2	31,2	29,5	6,2	1,4	0,5
24-1-5-852	leret lag	146	11,3	8,2	14,7	32,7	25,1	7,3	0,6	0,5	0,0
24-1-6-912	IIC	150	18,6	13,4	21,5	24,0	14,4	6,7	1,3	0,3	0,2
24-1-7-913		335	3,1	1,4	2,5	26,9	34,6	19,4	12,1	10,2	3,9

Tabel 3.8. fortsat.. Analyseresultater for lokalitetsnr. 354 ved Flyvbjerg (DJF profil nr. 3171 og DGU arkivnr. 10.830).

KUPA nr.	JB-nr	Org. C %	pH (H ₂ O) 1:1	pH (CaCl ₂) 1:2,5	Fe _{oxalat}	Al _{oxalat}	Fe _{DCB}	Al _{DCB}	ODOE
24-1-1-848	4	1,1	6,7	5,97	1942	1108	3582	1021	n.d.
24-1-2-849	7	0,1	6,8	5,85	1607	657	4393	676	n.d.
24-1-3-850	7	0,1	5,6	4,47	1279	654	5466	727	n.d.
24-1-4-851	2	0,0	5,7	4,52	362	211	967	199	n.d.
24-1-5-852	6	0,0	5,6	4,45	844	444	3591	488	n.d.
24-1-6-912	7	0,1	5,7	4,50	1263	517	4523	575	n.d.
24-1-7-913	2	0,0	6,8	5,52	301	88	1300	83	n.d.

KUPA nr.	Ombyttelige kationer cmol kg ⁻¹							Base- mætning %	CaCO ₃ %
	Ca	Mg	K	Na	Baser total	H ⁺	CEC total		
24-1-1-848	6,6	0,7	0,4	0,1	7,7	4,8	12,5	62	0
24-1-2-849	6,5	0,8	0,2	0,5	8,0	3,2	11,2	71	0
24-1-3-850	1,9	1,5	0,1	0,1	3,6	4,4	8,0	45	0
24-1-4-851	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	1,0	1,2	14	0
24-1-5-852	2,3	0,5	0,2	0,1	3,0	3,8	6,8	44	0
24-1-6-912	2,1	1,5	0,1	0,1	3,8	4,0	7,8	49	0
24-1-7-913	1,0	0,3	0,0	0,1	1,4	0,8	2,2	64	0

Tabel 3.8 fortsat. Analyseresultater for lokalitetsnr. 354 ved Flyvbjerg (DJF profil nr. 3171 og DGU arkivnr. 10.830).

nr.	Mineralogisk sammensætning	Farve	Overfladeareal m ² /g
24-1-1-848	Domineret af kvarts, mindre mængde Fe- og Al-oxider samt ler, spor af K-felspart og amfibol	brun	3,7
24-1-2-849	Domineret af kvarts og ler, mindre mængde Fe-oxider og glimmer, spor af Al-oxider og amfibol	lys gulbrun	12,2
24-1-3-850	Domineret af kvarts og ler, mindre mængde Fe-oxider og glimmer, spor af Al-oxider og amfibol	lys gulbrun	16,6
24-1-4-851	Domineret af kvarts, mindre mængder glimmer, spor af Fe- og Al-oxider samt amfibol	meget svag brun	1,8
24-1-5-852	Domineret af kvarts og ler, mindre mængde Fe-oxider og glimmer, spor af Al-oxider og amfibol	lys gulbrun	10,7
24-1-6-912	Domineret af kvarts og ler, mindre mængde Fe-oxider og glimmer, spor af Al-oxider og amfibol	lys gulbrun	1,8
24-1-7-913	Domineret af kvarts, mindre mængde Fe-oxider og glimmer, spor af Al-oxider og amfibol	meget svag brun	14,2

3.3.2 Sammenligning af fysiske, kemiske og mineralogiske egenskaber

De undersøgte prøver er udtaget ned til 0,8 meter ved Gammelkirke, 2,85 meter ved Hellum og 3,25 meter ved Flyvbjerg.

Kornstørrelsesfordelingen fra de tre undersøgte lokaliteter viser at det typisk er to til tre fraktioner der udgør den overvejende del af partiklerne mindre end 2 mm. Ved Gammelkirke er det fraktionerne 20-125 µm, der udgør mellem 48 % og 56 %, ved Hellum er det fraktionerne 63-500 µm der udgør mellem 52 % og 71 % og ved Flyvbjerg er det fraktionerne 20-200 µm, der udgør mellem 51 % og 61 %. Indholdet varierer en del mellem de enkelte lokaliteter og inden for profilet på den enkelte lokalitet. Således er lerindholdet i Ap- og B-horisonten ved Gammelkirke 6-7 % hvorefter det stiger til 12 i den efterfølgende C-horisont. Ved Hellum er lerindholdet 7-10 % i Ap-, Bv- og C-horisonterne, men stiger til 13-22 % i en B(g) og dybere prøver. Ved Flyvbjerg er lerindholdet generelt over 10 %, med undtagelse af prøven udtaget i 3,35 meter hvor lerindholdet er 2 %. Disse forskelle i kornstørrelsessammensætning bevirker at prøverne fra hver enkelt lokalitet klassificeres som forskellige JB typer. Ved Gammelkirke er Ap- og B-horisonten JB4 type og C-horisonten er JB6 type. Ved Hellum klassificeres Ap- og C-horisonten som JB4 type, Bv-horisonten som JB3 type og prøven fra 2,85 meter og B(g)-horisonten som henholdsvis JB6 og JB7 typer. Ved Flyvbjerg er Ap-horisonten JB4 type, mens resten klassificeres som JB7, dog med undtagelse af prøven fra 3,35 meters dybde, der klassificeres som JB2 type.

Indholdet af organisk stof i Ap-horisonterne er bestemt til 1,84 % C og 1,8 % C ved henholdsvis Gammelkirke og Hellum, og 1,1 % C ved Flyvbjerg. Ved Gammelkirke og Hellum aftager indholdet af organisk stof til mellem 0,4 og 0,95 % C i de efterfølgende B-horisonter, hvor den for de resterende horisonter og lag typisk kommer ned på 0,1 % C eller lavere. Eneste undtagelse er C-horisonten ved Gammelkirke, der indeholder 0,13 % C i dybden 0,6-0,8 meter.

pH-værdien (målt i CaCl₂) i Ap-horisonterne er bestemt til 6,74 ved Gammelkirke, 5,37 ved Hellum og 5,97 ved Flyvbjerg. Ved Gammelkirke aftager pH-værdien til 5,44 i C-horisonten i 0,6-0,8 meters dybde og ved Hellum og Flyvbjerg falder pH-værdien til mellem 4,5 og 4,73 i omkring 1,5 meters dybde. Ved Hellum ændres pH-værdien herefter ikke ned til dybde 2,85, mens pH-værdien ved Flyvbjerg stiger fra 4,5 i 1,5 meter til 5,52 i 3,35 meters dybde.

Basemætningen i Ap-horisonten ved Helleum er betydelig lavere (39 %) end i Ap-horisonterne ved Gammelkirke (52 %) og Flyvbjerg (62 %). Ved Gammelkirke falder basemætningen til 20-30 % i B- og C-horisonten, samme niveau ses i Bv horisonten ved Helleum, men her er basemætningen oppe på 72 % i C-horisonten, hvorefter den aftager til omkring 57 i prøverne fra henholdsvis 1,45 og 2,85 meter. Ved Flyvbjerg er basemætningen høj i Ap-horisonten og på stort set samme niveau som i Bv-horisonten, hvorefter basemætningen aftager til 45-49 % for atter at stige til 64 % i prøven fra 3,35 meter, hvor forvittringsintensiteten aftager.

Kationombytningskapaciteten (CEC-værdien) varierer mellem 13 og 18 cmol kg⁻¹ i Ap-horisonterne på de tre lokaliteter. I B-horisonterne aftager CEC-værdien til mellem 7 og 11 cmol kg⁻¹ og i dybere prøver variere CEC-værdien mellem 2 og 10 cmol kg⁻¹, bestemt ved bl.a. lerindhold.

Den mineralogiske sammensætningen er domineret af kvarts og i prøver med høje indhold af fine partikler, desuden af lerminerale. Dertil kommer varierende mængder mørke mineraler i form af pyrozoener og amfiboler samt glimmer og feltspat. Forvittringsprocesser og de geogenetiske forhold bevirker at sammensætningen af feltspatterne ændrer sig med dybden, hvor indholdet af Na-Ca feltspat typisk tiltager under Ap-horisonten. Indholdet af jernforbindelser, bestemt ved Fe_{DCB}, er omkring 4000 mg Fe kg⁻¹ i A-B- og C-horisonterne ved Gammelkirke og Flyvbjerg, hvorefter den ved Flyvbjerg aftager til 1300 mg Fe kg⁻¹ i den meget grovkronede prøve i 3,35 meter. Ved Helleum er indholdet af Fe_{DCB} ligeledes omkring 4000 mg Fe kg⁻¹ i Ap-horisonten, mens indholdet varierer mellem 2346 og 4634 mg Fe kg⁻¹ i de efterfølgende horisonter og lag.

Indholdet af aluminiumforbindelser, bestemt ved Al_{DCB}, er omkring 1800 mg Al kg⁻¹ i Ap-horisonterne ved Gammelkirke og Helleum, hvorefter indholdet stiger i de følgende B-horisonter (1747-2565 mg Al kg⁻¹) for atter at aftage til mellem 400 og 1100 mg Al kg⁻¹. Ved Flyvbjerg er indholdet markant lavere i Ap-horisonten (1021 mg Al kg⁻¹) og her aftager indholdet med tiltagende dybde, til kun 83 mg Al kg⁻¹ i 3,35 meters dybde.

Den mineralogiske sammensætning med forholdsvis høje indhold af organisk stof bevirker at Ap-horisonten ved Gammelkirke og Helleum beskrives ved en mørk gråbrun farve, hvor Ap-horisonten ved Flyvbjerg er brun. Prøverne udtaget dybere end Ap-horisonten beskrives på alle tre lokaliteter ved iltede brune, svagt brune eller lys gulbrune farvenuancer.

Det specifikke overfladeareal i Ap-horisonterne er bestemt til 1,4 m²g⁻¹ ved Gammelkirke og Helleum og til 3,7 m²g⁻¹ ved Flyvbjerg. Under Ap-horisonten varierer det specifikke overfladeareal med indholdet af fine partikler, for Gammelkirke mellem 4 og 10 m²g⁻¹, for Helleum mellem 4 og 15 m²g⁻¹ og for Flyvbjerg mellem 2 og 17 m²g⁻¹.

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 Gammelkirke-lokaliteten

Der blev udtaget fem intaktprøver i store kolonner (20,0 cm længde, 20,0 cm i indre diameter) samt fem intaktprøver i 100-cm³ retentionsringe i henholdsvis Ap-, B- og C-horisonten (fig.3.1). Derudover blev der udtaget fem intaktprøver i og udenfor nogle lyse vertikale striber ("skorstene") i C-horisonten.

3.4.1.2 Helligum-lokaliteten

Der blev udtaget fem intaktprøver i store kolonner (20,0 cm længde, 20,0 cm i indre diameter) samt fem intaktprøver i 100-cm³ retentionsringe i henholdsvis Ap-, B(g)- og C-horisonten (fig. 3.7). I Bv-horisonten, de to boringer samt et skråtstillet smeltevandslag i den nedre del af profilet blev der udtaget fem intaktprøver i 100-cm³ retentionsringe.

3.4.1.3 Flyvbjerg-lokaliteten

Der blev udtaget fem intaktprøver i store kolonner (20,0 cm længde, 20,0 cm i indre diameter) samt fem intaktprøver i 100-cm³ retentionsringe i henholdsvis Ap-, Bv- og IIC-horisonten (fig. 3.9). Desuden blev der udtaget fem intaktprøver i 100-cm³ retentionsringe i en sandlinse, i et leret lag umiddelbart under sandlinsen samt i de to boringer.

3.4.2 Volumenvægt

Tabel 3.9 viser værdierne for jordens volumenvægt ved de tre lokaliteter. Med undtagelse af Flyvbjerg viser lokaliteterne et typisk forløb med de laveste værdier i den relativt løst bearbejdede, organiskholdige Ap-horisont og med et stigende forløb i dybden. Ap-horisonten ved Flyvbjerg (24-1-1-848) har en meget høj volumenvægt sammenlignet med den tilsvarende horisont ved Gammelkirke og Helligum. Derimod har Bv-horisonten ved Gammelkirke (20-1-2-829) har en meget lav volumenvægt sammenlignet med den tilsvarende horisont ved de to andre lokaliteter.

Tabel 3.9. Volumenvægt (g/cm³) målt på 100-cm³ retentionsringe (n=5).

Horisont	Gammelkirke			Hellum		
	Prøvenummer	volumenvægt (g/cm ³)	std.afv.	Prøvenummer	volumenvægt (g/cm ³)	std.afv.
Ap	20-1-1-828	1,38	0,04	23-1-1-843	1,41	0,04
Bv	20-1-2-829	1,33	0,03	23-1-2-844	1,61	0,06
B(g)	-	-	-	23-1-3-845	1,74	0,08
C	20-1-3-830	1,74	0,05	23-1-4-846	1,77	0,04
boring	-	-	-	23-1-6-910	1,74	0,03
boring	-	-	-	23-1-7-911	1,68	0,06
"skorsten"	20-1-9-965	1,73	0,05	-	-	-
ml. "skorsten"	20-1-9-966	1,81	0,03	-	-	-
sandet lag/linse	-	-	-	23-1-5-847	1,78	0,06
	Flyvbjerg					
Ap	24-1-1-848	1,61	0,04			
Bv	24-1-2-849	1,83	0,03			
C	24-1-3-850	1,68	0,04			
boring	24-1-6-912	1,82	0,03			
boring	24-1-7-913	1,55	0,07			
sandet lag/linse	24-1-4-851	1,56	0,02			
leret lag	24-1-5-852	1,65	0,03			

3.4.3 Teksturanalyse på store kolonner

For nærmere at undersøge sammenhængen mellem den hydrauliske ledningsevne og teksturfordelingen og for at undersøge variationen mellem de uforstyrrede prøver og prøven til tekstur, samt kemiske analyser blev der på en udvalgt af de store kolonner udtaget en delprøve til teksturbestemmelse (tabel 3.10). Der er god overensstemmelse mellem den gennemsnitlige prøve og stikprøven fra kolonnen (tabel 3.6).

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

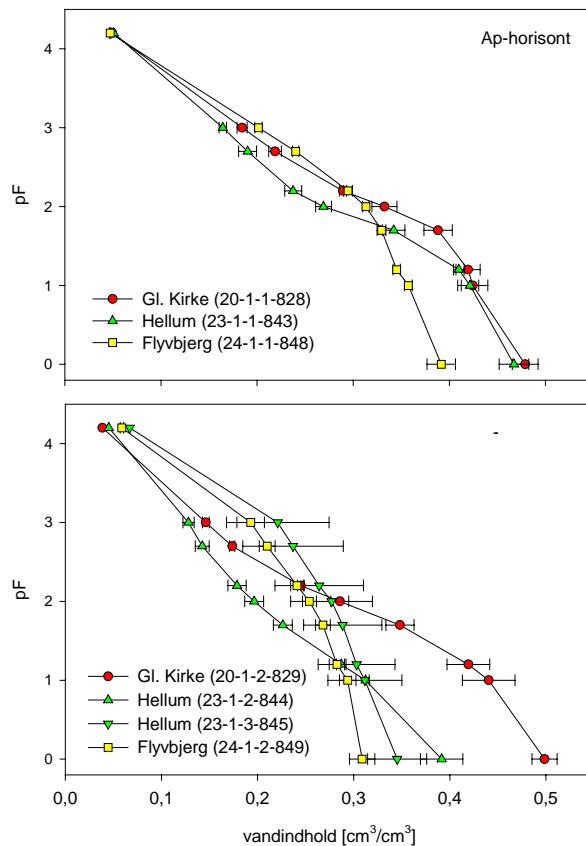
Mark	Prøvenr.	Horisont	Prøve dybde (cm)	<2µm	2 –20µm	20 – 63µm	63 – 125µm	125 - 200µm
Gl. Kirke	20-1-3-830a	C	60-80	12,9	11,1	20,1	30,3	14,3

Mark	Prøvenr.	Horisont	Prøve dybde (cm)	200 – 500µm	500 µm - 2 mm	2 - 6.3 mm	>6.3 mm	humus	JB-nr.
Gl. Kirke	20-1-3-830a	C	60-80	10,1	1,1	0,1	0,0	0,1	6

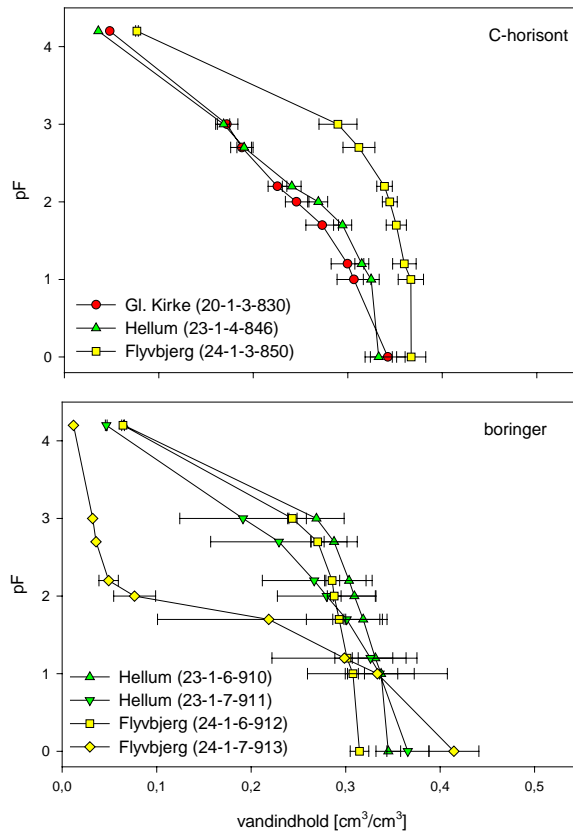
3.4.4 Vandretention

Resultaterne for vandretention er vist på fig. 3.16. For Ap-horisontens vedkommende skiller Flyvbjerg (24-1-1-848) sig ud fra de to andre lokaliteter. For B-horisontens vedkommende er det specielt Gammelkirke (20-1-2-829) der skiller sig ud. I C-horisonten udviser specielt Flyvbjerg (24-1-3-850) en høj vandholdende evne. For prøverne udtaget i borerne ses der en markant forskel mellem de to dybder ved Flyvbjerg, hvilket forklares ved at den øverste boring (24-1-6-912) er udtaget i et leret lag (18,6% ler) hvorimod den nederste boring (24-1-7-913) er udtaget i et sandet lag (93,0% sand).

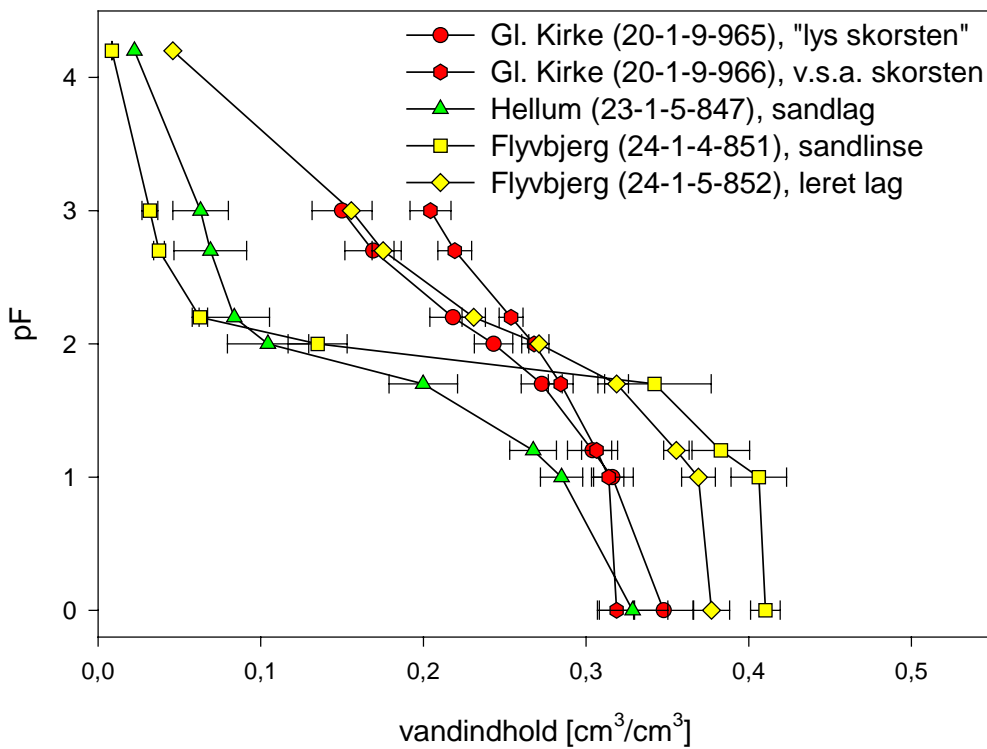
Den store variation i forbindelse med de dybe borer skyldes sandsynligvis en høj variation i den 50 cm lange intaktprøve, der blev udtaget i forbindelsen med boringen, og hvorfra retentionsringene blev udtaget. Fig. 3.17. viser vandretentionen for prøver udtaget i relation til undersøgelser omkring præfentiel strømning. For prøver udtaget ved Gammelkirke henholdsvis ved siden af og i de lyse vertikale "skorstene" (20-1-9-965 og 20-1-9-966) ser der ikke nogen nævneværdig forskel i vandretentionen. Som forventet ses en markant forskel for prøver udtaget i sandlinsen (24-1-4-851) og i det lerede lag (24-1-5-852) ved Flyvbjerg, hvor sandlinsen udviser en markant afdræning ved pF 1,7 sammenlignet med det lerede lag der udviser en relativ høj vandholdende evne.



Figur 3.16. Figurtekst næste side.



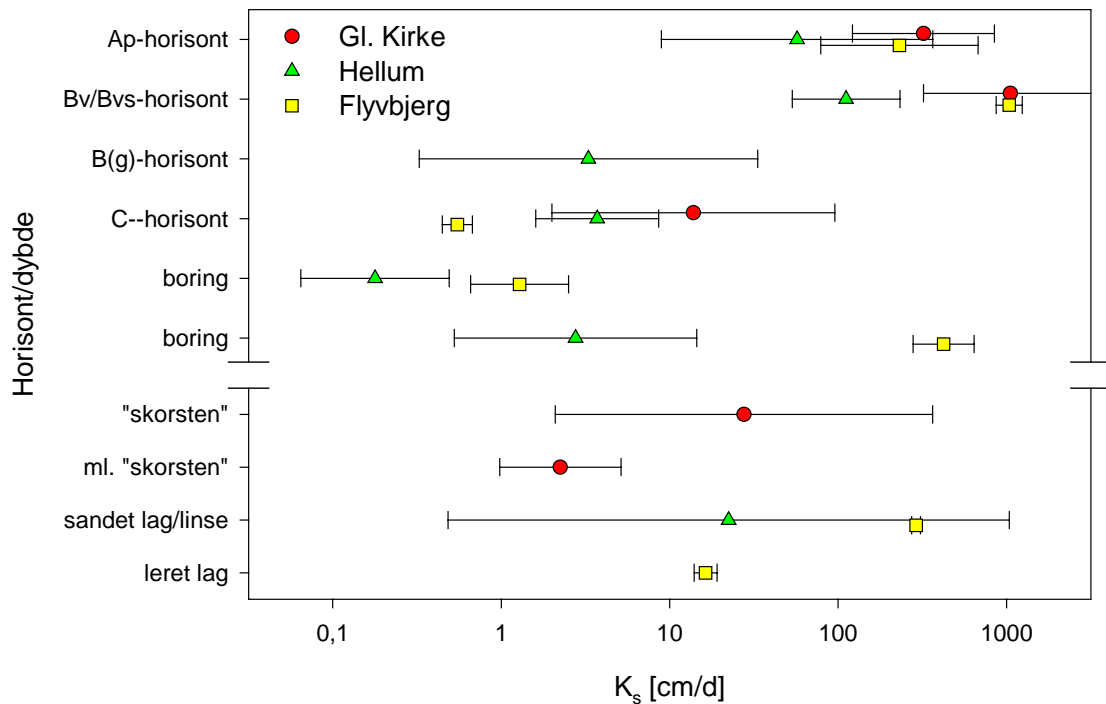
Figur 3.16. Data for vandretention målt på intakte 100-cm³ prøver (n = 5). Fejllinjerne viser ±1 standardafvigelse.



Figur 3.17. Data for vandretention i relation til undersøgelse af præfentiel strømning målt på intakte 100-cm³ prøver (n = 5). Fejllinjerne viser ±1 standardafvigelse.

3.4.5 Mættet hydraulisk ledningsevne

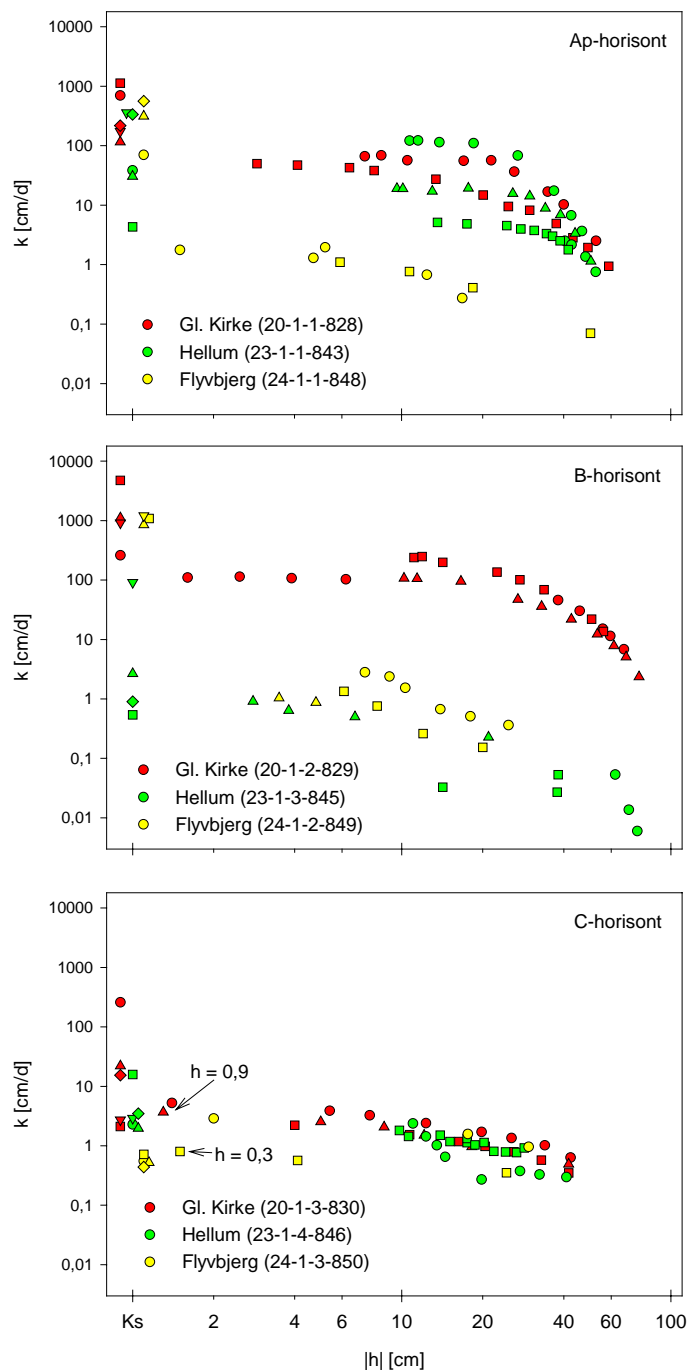
Fig. 3.19. viser værdierne for den mættede hydrauliske ledningsevne målt ned gennem profilet. Generelt er variationen stor for målingerne fra Gammelkirke og Hellum, hvorimod der ses relativt lave variationer for målingerne fra Flyvbjerg. Højeste værdier er målt i de to øverste horisonter (Ap og Bv/Bvs). Målingerne fra det sandede lag ved Hellum udviser en meget høj variation. Det samme gør målinger fra de lyse vertikale skorstene ved Gammelkirke.



Figur 3.18. Mættet hydraulisk ledningsevne (K_s , $n = 5$) målt på store kolonner med undtagelse af boringerne samt "skorsten" og "mellem skorsten" ved Alle, sandet lag/lines ved Hellum og Flyvbjerg og "leret lag" ved Flyvbjerg hvor K_s blev målt på små 100 cm^3 retentionsringe. Fejllinjerne viser ± 1 standardafvigelse.

3.4.6 Umættet hydraulisk ledningsevne

Resultaterne af målingerne af den umættede hydrauliske ledningsevne er vist på fig. 3.20. Enkeltmålingerne er her plottet og sammenlignet med enkeltmålingerne af den mættede hydrauliske ledningsevne. For Ap-horisontens vedkommende er den umættede hydrauliske ledningsevne lavest for Flyvbjerg sammenlignet med de to andre lokaliteter. I B-horisonten er det både Flyvbjerg og Hellum, der ligger lavere end de umættede målinger fra Gammelkirke. I C-horisonten er der en rimelig overensstemmelse mellem målingerne fra de tre forskellige lokaliteter. Den store forskel, der ses mellem mættet og nærmættet hydraulisk ledningsevne for målingerne ved Flyvbjerg i Ap- og B-horisonten, viser, at vandtransporten ved fuld mætning i en dominerende grad foregår ved præfentiel strømning gennem jordens store porer.



Figur 3.19. Enkeltmålinger af mættet (K_s) og umættet ($k(h)$) hydraulisk ledningsevne. Alle målinger er udført på store kolonner.

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 Weichel MS i Vendsyssel 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 område fra fuldmætning til ca. pF 2 (100 cm vandsøjle), der er det område, hvor dynamikken i den hydrauliske ledningsevne er størst.

3.5 Pesticid specifikke parametre

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

På prøver fra de tre lokaliteter - Stubkær, Frederiks og Mjøl (tabel 3.11.) - 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 ^{14}C (tilsat som pesticid), der er genfundet som $^{14}C-CO_2$ 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 3.11. Undersøgte prøver fra Gammelkirke, Hellum og Flyvbjerg.

Dybde	Gammelkirke			Hellum			Flyvbjerg		
		Cm	Prøvenr.		Cm	Prøvenr.		Cm	Prøvenr.
Dybde 1	Ap	5-25	20-1-1-828	Ap	5-25	23-1-1-843	Ap	5-25	24-1-1-848
Dybde 2	B	38-58	20-1-2-829	Bv	30	23-1-2-844	Bv	31-51	24-1-2-849
Dybde 3	C	60-80	20-1-3-830	B(g)	50-70	23-1-3-845	IIC	165-185	24-1-3-850
Dybde 4				C	100-120	23-1-4-846	Sand - linse	115	24-1-4-851
Dybde 5				Sand-lag	125	23-1-5-847	Leret lag	146	24-1-5-852
Dybde 6				C	145	23-1-6-910	IIC	150	24-1-6-912
Dybde 7					285	23-1-7-911		335	24-1-7-913

3.5.1 Pesticides binding

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 Gammelkirke, Hellum og Flyvbjerg lokaliteterne er vist i tabel 3.12.

Tabel 3.12. Kd værdier for MCPA, methyltriazinamin, metribuzin og glyphosat bestemt på Gammelkirke, Hellum og Flyvbjerg lokaliteterne.

	Kd værdi MCPA					
	Gammelkirke		Hellum		Flyvbjerg	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	2,0	0,08	3,4	0,12	0,81	0,032
Dybde 2	1,5	0,03	0,37	0,003	0,07	0,005
Dybde 3	0,29	0,01	0,10	0,003	0,22	0,002
Dybde 4	nd		0,08	0,01	0,06	0,01
Dybde 5	nd		0,11	0,08	0,17	0,003
Dybde 6	nd		0,16	0,005	0,17	0,01
Dybde 7	nd		0,12	0,01	0,01	0,003

	Kd værdi methyltriazinamin					
	Gammelkirke		Hellum		Flyvbjerg	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	5,6	0,35	12	1,6	9,6	0,90
Dybde 2	11	0,12	9	0,11	48	1,9
Dybde 3	422	9,7	162	9,1	781	170
Dybde 4	nd		120	4,1	28	1,9
Dybde 5	nd		20	0,48	475	18
Dybde 6	nd		587	31	672	33
Dybde 7	nd		618	14	4,2	0,69

	Kd værdi Metribuzin					
	Gammelkirke		Hellum		Flyvbjerg	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	0,86	0,03	1,1	0,02	0,64	0,01
Dybde 2	0,17	0,01	0,12	0,01	0,09	0,01
Dybde 3	0,09	0,01	0,10	0,001	0,17	0,004
Dybde 4	nd		0,06	0,002	0,02	0,01
Dybde 5	nd		0,04	0,01	0,10	0,01
Dybde 6	nd		0,15	0,01	0,13	0,01
Dybde 7	nd		0,12	0,01	0,02	0,01

Tabel 3.12 fortsat. Kd værdier for MCPA, methyltriazinamin, metribuzin og glyphosat bestemt på Gammelkirke, Hellum og Flyvbjerg lokaliteterne.

	Kd værdi glyphosat					
	Gammelkirke		Hellum		Flyvbjerg	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	437	24,5	762	33	214	13
Dybde 2	2022	286	3470	343	2912	17
Dybde 3	3508	58,9	3416	446	2636	222
Dybde 4	nd		2754	206	1060	22
Dybde 5	nd		2041	192	2757	122
Dybde 6	nd		3617	213	1776	108
Dybde 7	nd		2075	76	439	42

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 0,81 (Flyvbjerg) og 3,4 (Hellum). MCPA's sorption falder med dybden.

Methyltriazinamin bindes generelt stærkt og i nogle underjorde med Kd værdier over 500. I overjorden ligger værdierne mellem 5 og 12, mens sorptionen i underjords horisonterne udviser større variation.

Metribuzins bindingsmønster minder om MCPA med de højeste Kd værdier (mellem 0,6 og 1,1) for overjordene fra de tre lokaliteter. Metribuzins binding til underjorde er i alle tilfælde lav med den højeste værdi på 0,17 (Dybde 2 Gammelkirke og dybde 3 Flyvbjerg) og den laveste på 0,02 (Dybde 7 Flyvbjerg).

Glyphosat bindes stærkt til alle jorde, med den højeste Kd værdi på 3617 i dybde 6 fra Hellum.

Generelt viser jorderne fra Vendsyssel det forventede billede med høj sorption for stofferne glyphosat og methyltriazinamin, og lav sorption for MCPA og metribuzin.

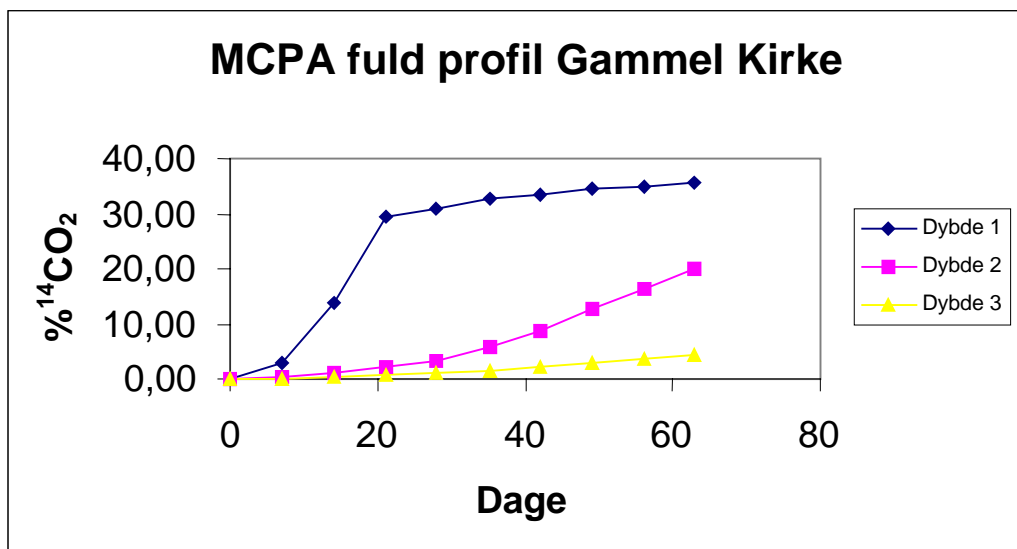
3.5.2 Pesticiders mineralisering

I tabel 3.13. er der opgivet 64 dages akkumuleret mineralisering, der er udtryk for hvor meget af det tilsatte ^{14}C -pesticid, der er fuldstændigt omdannet til $^{14}\text{CO}_2$ på 64 dage.

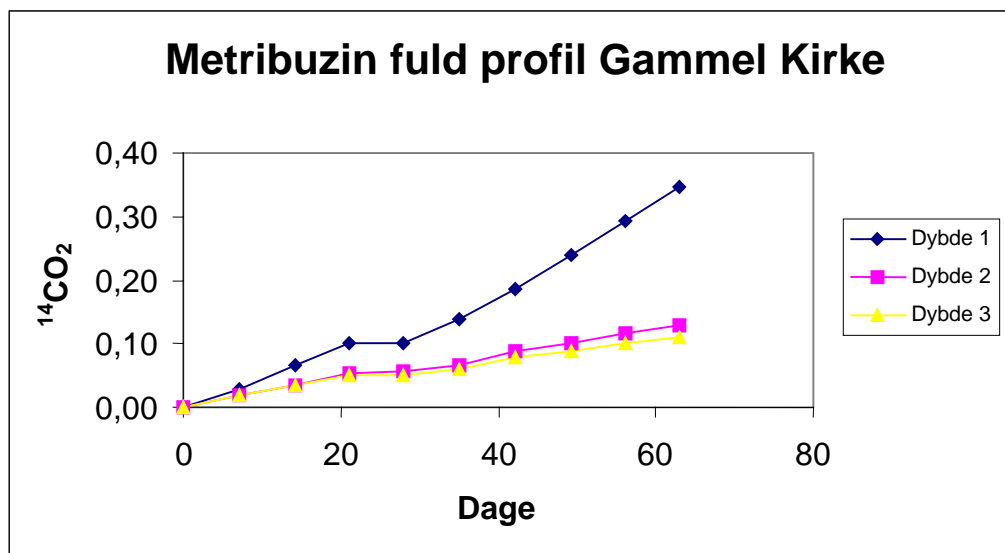
På fig. 3.21., fig. 3.22., fig. 3.23. og fig. 3.24. er vist eksempler på typiske forløb for mineraliseringen af MCPA, methyltriazinamin, glyphosat og metribuzin. MCPA's mineralisering er typisk vækstrelateret hvilket blandt andet i dybde 1 fører til et sigmoidt kurveforløb. Metribuzin, methyltriazinamin og glyphosat mineraliseres 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 yderlige-

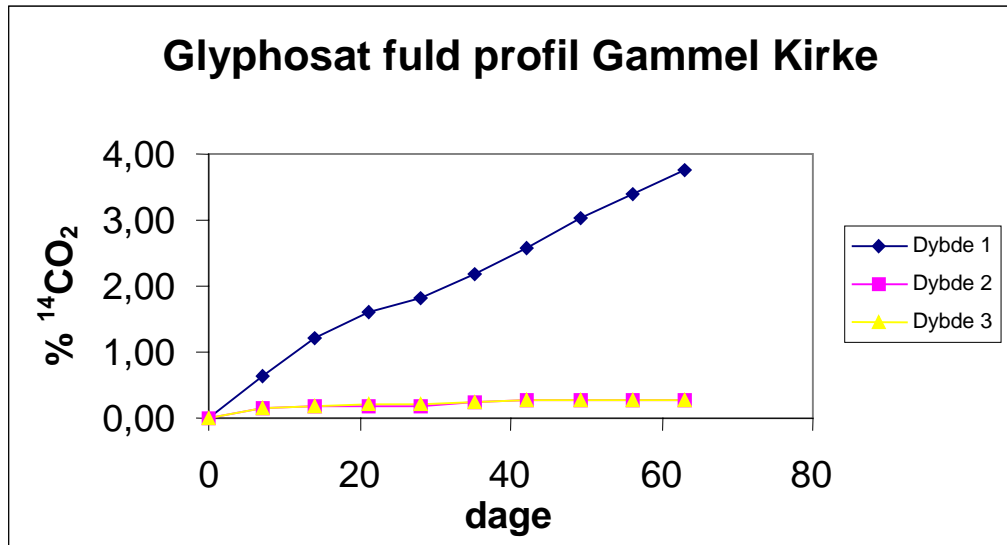
re modellering i projektet, men er medtaget her, fordi de alligevel giver en nyttig information om variationen i stoffernes eller deres metabolitters mineralisering.



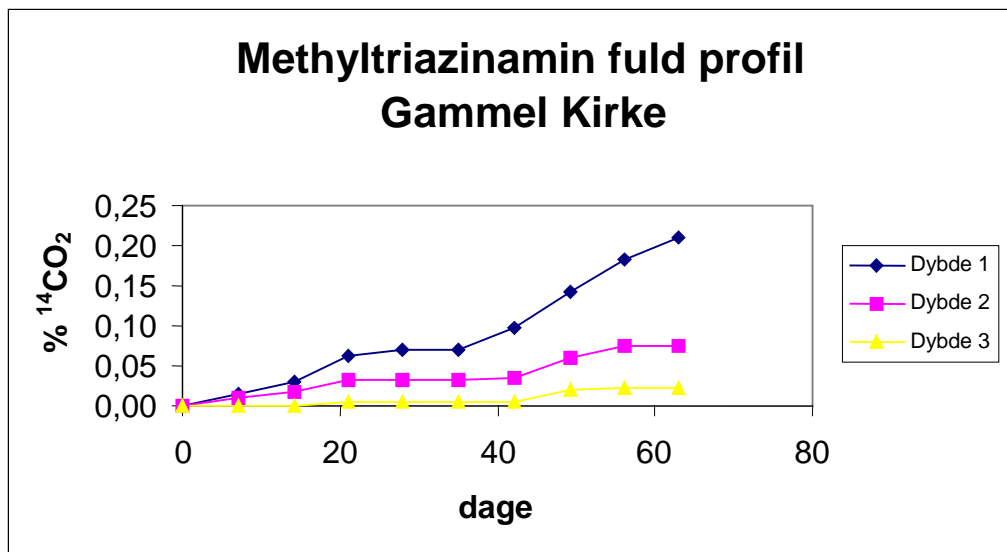
Figur 3.20. Akkumuleret MCPA mineralisering i fem dybder fra lokalitetsnr. 350 (Gammelkirke). I denne profil ser vi en den højeste mineralisering af MCPA i overjorden. Mineraliseringen i dybde to er stadig stigende ved forsøgets stop efter 63 dage.



Figur 3.21. Akkumuleret metribuzin mineralisering i tre dybder fra lokalitetsnr. 350 (Gammelkirke). Bemærk at mineraliseringen er meget lav i alle prøver.



Figur 3.22. Akkumuleret glyphosat mineralisering i tre dybder fra lokalitetsnr. 350 (Gammelkirke). Mineraliseringen er lav i dybde 2 og 3, men højere i dybde 1.



Figur 3.23. Akkumuleret methyltriazinamin mineralisering i tre dybder fra lokalitetsnr. 350 (Gammelkirke). Bemærk at mineraliseringen er lav i alle jorde.

Tabel 3.13. Værdier for 64 dages akkumuleret mineralisering for MCPA, methyltriazinamin, metribuzin og glyphosat bestemt på Gammelkirke, Hellum og Flyvbjerg lokaliteterne.

	M64d værdi MCPA		
	Gammelkirke	Hellum	Flyvbjerg
Dybde	Gns	Gns	Gns
Dybde 1	35,5	50,3	44,4
Dybde 2	19,8	59,8	60,8
Dybde 3	4,5	23,0	2,0
Dybde 4	nd	34,8	1,8
Dybde 5	nd	40,4	0,3

	M64d værdi Methyltriazinamin		
	Gammelkirke	Hellum	Flyvbjerg
Dybde	Gns	Gns	Gns
Dybde 1	0,21	0,22	0,34
Dybde 2	0,07	0,15	0,05
Dybde 3	0,02	0,05	0,04
Dybde 4	nd	0,03	0,03
Dybde 5	nd	0,03	0,03

	M64d værdi Metribuzin		
	Gammelkirke	Hellum	Flyvbjerg
Dybde	Gns	Gns	Gns
Dybde 1	0,35	0,41	0,90
Dybde 2	0,13	0,20	0,24
Dybde 3	0,11	0,19	0,10
Dybde 4	nd	0,17	0,10
Dybde 5	nd	0,10	0,08

	M64d værdi glyphosat		
	Gammelkirke	Hellum	Flyvbjerg
Dybde	Gns	Gns	Gns
Dybde 1	3,8	4,6	16,5
Dybde 2	0,27	0,39	0,88
Dybde 3	0,28	0,62	1,2
Dybde 4	nd	0,62	0,90
Dybde 5	nd	0,57	1,2

Mineraliseringen af MCPA forløber i dybde 3 i Gammelkirke og i dybde 3, 4 og 5 i Flyvbjerg langsomt og når – for MCPA – kun til et lavt niveau ved afslutningen af forsøget (<5%). I overjords prøverne forløber mineraliseringen generelt hurtigere og til et højere niveau end mineraliseringen af de andre stoffer. Mineralisering af MCPA i dybde 2 fra Hellum og fra Flyvbjerg når et højere niveau indenfor den undersøgte periode end den tilsvarende overjord.

Vi har i andre tilfælde set at den samlede mineralisering af stofferne er lavere i jorde med højt indhold af organisk stof. Dette kan betyde, at stofferne ellers deres nedbrydningsprodukter kan bindes til den or-

ganiske fraktion og dermed være utilgængelig for mikroorganismernes nedbrydning. Mineralisering af stofferne methyltriazinamin og metribuzin er i alle prøver meget lav (under 1%) og disse to stoffers mineralisering i de dybe lag er nærmest ikke eksisterende. Mineraliseringen af glyphosat er høj (16,5 %) i dybde 1 fra Flyvbjerg, sammenlignet med de to andre lokaliteter og stoffet generelt. Ned gennem profilen i Flyvbjerg ses også en højere mineralisering af Glyphosat end der ses i de to øvrige profiler.

3.5.3 DT50 bestemmelse

Ved DT50 bestemmelserne er der gennemført analyse af hvor lang tid det tager før der kun kan findes 50% af det tilsatte pesticid. Bestemmelsen udføres ved en direkte kemisk analyse af ekstrakter på LC-MS/MS. DT50 værdien tolkes som halveringstiden for pesticidets forsvindning. DT50 værdierne for MCPA, methyltriazinamin og metribuzin bestemt på Gammelkirke, Hellum og Flyvbjerg lokaliteterne er vist i tabel 3.14. Glyphosats forsvinden er kun bestemt ved mineralisering.

Tabel 3.14. DT50 værdier for MCPA, methyltriazinamin og metribuzin bestemt på Gammelkirke, Hellum og Flyvbjerg lokaliteterne.

	DT50 værdi for MCPA		
	Gammelkirke	Hellum	Flyvbjerg
Dybde 1	4	4	6
Dybde 2	33	3	3
Dybde 3	-	-	-
Dybde 4	-	-	-
Dybde 5	-	-	-
Dybde 6	-	-	-

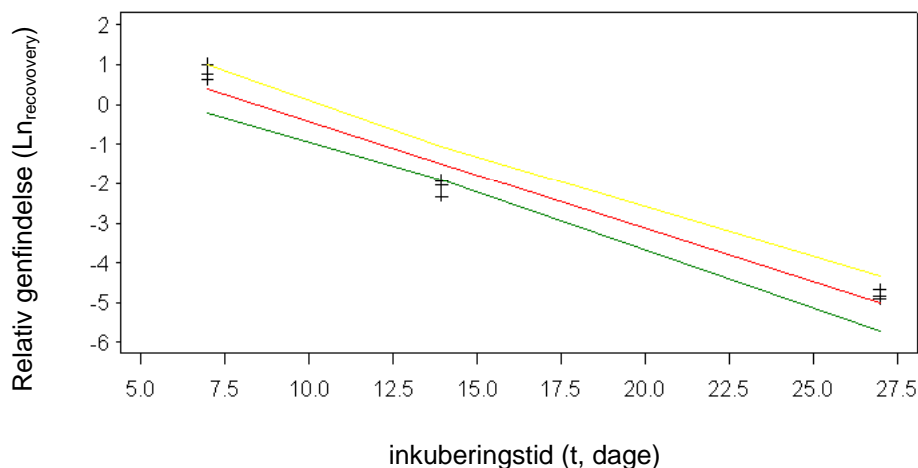
	DT50 værdi for Methyltriazinamin		
	Gammelkirke	Hellum	Flyvbjerg
Dybde 1	>	>	>
Dybde 2	>	>	>
Dybde 3	-	-	-
Dybde 4	-	-	-
Dybde 5	-	-	-
Dybde 6	-	-	-

	DT50 værdi for Metribuzin		
	Gammelkirke	Hellum	Flyvbjerg
Dybde 1	165	170	55
Dybde 2	>	251	67
Dybde 3	-	-	-
Dybde 4	-	-	-
Dybde 5	-	-	-
Dybde 6	-	-	-

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 forsvindning) er DT₅₀ værdien angivet som ">". For øvrige målinger, hvor DT50 værdien var målbar og lå indenfor forsøgsperioden, kan usikkerheden på

DT50 målingerne bedst beskrives ved standardafvigelsen på den målte k-værdi. Den gennemsnitlige standardafvigelse for alle k-værdier (alle stoffer, alle dybder) var 20%.

Der ses en generel tendens til hurtigst forsvinding af MCPA i over- og underjorde, mens Metribuzin i generelt forsvinder langsommere end MCPA. Indenfor forsøgets udstrækning blev der ikke observeret væsentlig forsvinding af methyltriazinamin. Et eksempel på sammenhængen mellem inkuberingstiden og forsvindingen af stoffet MCPA kan ses i fig. 3.25.



Figur 3.24. Sammenhæng mellem inkuberingstid (t, dage) og forsvinding af MCPA i Flyvbjerg dybde 2 (målt som relativ genfindelse, logaritmeret). Den lineære regressionsligning og linier for 95% konfidensintervallet er angivet. Ud fra hældningen på regressionslinien ($k=-0,27$) kan DT50 beregnes ved $DT50 = \ln(2)/k$ som i dette eksempel bliver 3 dage.

4 Resultater af markvariationsundersøgelser

I dette kapitel præsenteres resultaterne af variabilitetsundersøgelserne i form af georadarundersøgelser på de marker, hvor de detaljerede profilundersøgelser er gennemført, jf. kapitel 3. Der er også udført variabilitetsundersøgelser i form af EM38-undersøgelser. Resultaterne af EM38-undersøgelserne er præsenteret i afsnit 2.2.

4.1 Georadar

Ingelise Møller (GEUS)

Gammelkirke undersøgelsesmark er kortlagt med georadar i forbindelse med udpegningen af placeringen af fuldtprogramprofilet. De to øvrige Vendsyssel Weichsel morænesandslokaliteter, som først blev udpeget på et senere tidspunkt, er ikke kortlagt med georadar.

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, lowpass-filter og migration samt skalering, der kompenserer for geometrisk spredning og eksponentielt henfald af signal (SEG gain).

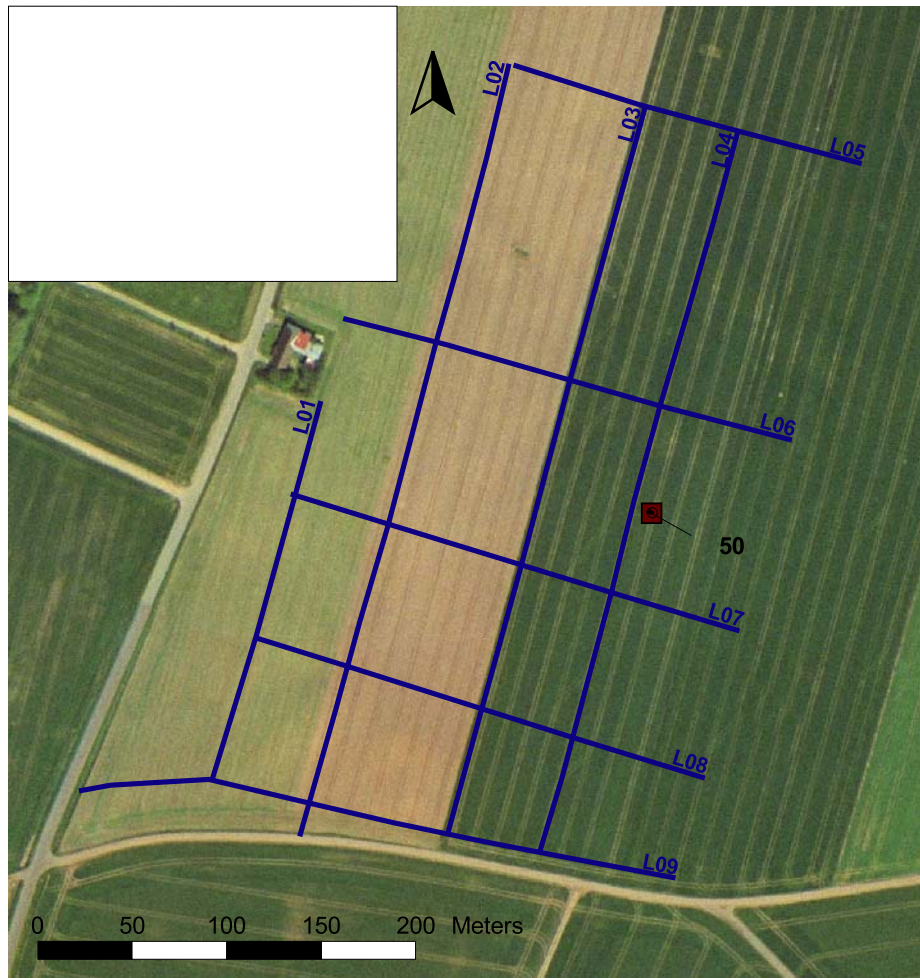
Georadardata præsenteres her grafisk. Data bruges kvalitativt og visuelt i en tolkning af geologiske strukturer. Tolkninger af lithologi baserer sig på penetrationsdybder og korrelation med lithologiske data fra udgravning og boringer.

4.1.1 Gammelkirke

Undersøgelsesmarken er dækket af et groft net af i alt 9 linier målt med et georadarsystem med antenner med centerfrekvens på 100 MHz (fig. 4.1.).

I fig. 4.2. vises udsnit af det nord-syd-orienterede georadarprofil L04 og det øst-vest-orienterede georadarprofil L07. Udgravningen er placeret ca. 10 m øst for georadarprofil L04 ud for position 200 m. Georadarprofilerne præges af områder med meget ringe penetrationsdybde samt områder med primært diskontinuerte refleksioner, der dels er horisontale til subhorisontale, dels hældende; begge typer har en tendens til at være svagt ondulerende. Penetrationsdybden ligger i georadarprofiludsnittene på ca. 25–150 ns (~ 0,75-4,5 m). Skiftene i penetrationsdybde er dels bratte dels glidende.

I de øvrige georadarprofiler ses lignende refleksionsmønstre. Desuden ses der områder med sekvenser af planparallelle mere kontinuerte bølgeformede refleksioner med en bølgelængde på 30-60 m og en bølgehøjde på 2-3 m eller mere bassinagtige refleksioner med en udstrækning på op til 100 m. I den vestlige og sydlige del af området er der stedvis større penetrationsdybder på op til 250 ns (~ 7,5 m u.t.).



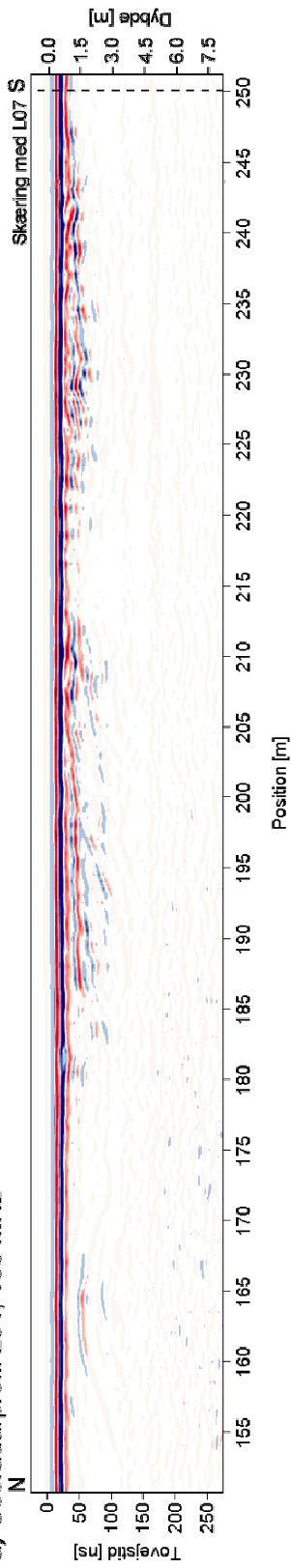
Figur 4.1. Gammelkirke undersøgelsesmark. Udgravning, boring og georadarlinier er markeret.

4.1.2 Geologisk tolkning af georadarundersøgelsen

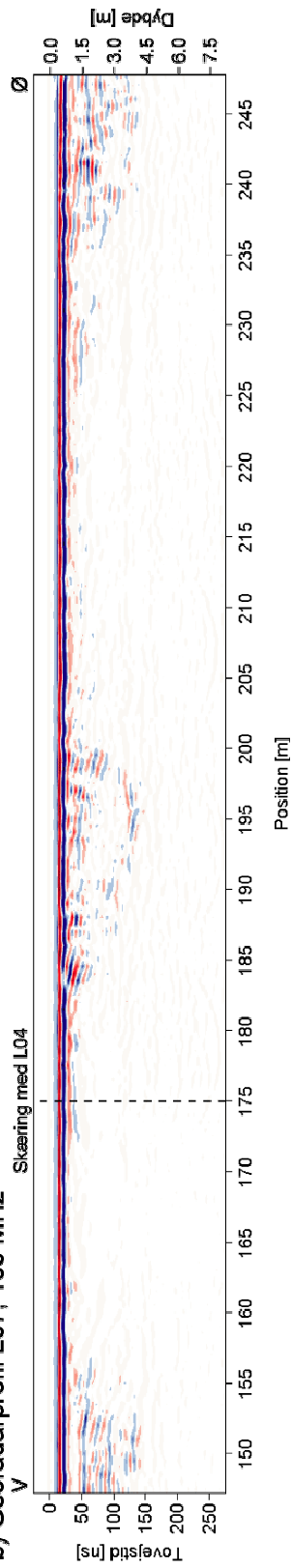
Geologiske observationer i to udgravninger (fig. 3.1 og 3.3) og en boring (fig. 3.13) viser, at en stærkt siltet, svagt leret morænesandsaflejring overlejrer smeltevandsler og smeltevandssand, der kan være glacialtektonisk deformeret (jf. afsnit 3.2.1). Sammenholdt med disse geologiske observationer er det nærliggende at antage, at der i områder med meget ringe penetrationsdybde findes et tyndt morænesandslag, som overlejrer smeltevandslersaflejringer beliggende omkring 1 m u.t., eller morænesandsaflejringer med et forøget lerindhold. Hvor der i georadarprofilerne ses penetrationsdybder større end ca. 50 ns, optræder der de fleste steder sekvenser med enten hældende, bølgeformede eller mere langstrakte bassinagtige refleksionsmønstre. Da der i udgravningerne er observeret glacialtektoniske deformationer, kan man formode, at disse refleksionsmønstre afspejler en glacialtektonisk deformation af sandede aflejringer i form af svage folder og overskydninger.

Gammelkirke

a) Georadarprofil L04, 100 MHz



b) Georadarprofil L07, 100 MHz



Figur 4.2. Georadarprofiler. a) Udsnit af nord-syd-orienteret georadarprofil L04 og b) udsnit af øst-vest-orienteret georadarprofil L07, 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.

5 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.
- Madsen, H. B. 1983. Himmerlands jordbundsforhold, et regionalt studie omhandlende jordbundudvikling, - klassifikation, afgrøders rodudvikling og jordens plantetilgængelige vandmængde – Landbrugsministeriet, Arealdatakontoret Vejle.
- Madsen, H. B. & N. H. Jensen, 1985. Jordprofilundersøgelsen – Landbrugsministeriet, Arealdatakontoret Vejle.
- Madsen 1988 Madsen, H. B. & N. Jensen 1988: Vejledning til beskrivelse af jordbundsprofiler – landbrugsministeriet, Arealdatakontoret.
- 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 JordbundsForskning, 85 s.
- 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 zoner. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse og Danmarks JordbrugsForskning, 319 s.
- Payton, R. W. 1992. Fragipan formation in argillic brown earths (Fragiudalfs) of the Milfield Plain, north-east England. I. Evidence for a periglacial stage of development. - Journal of Soil Science, 43, 621-644.
- Schachtschabel, P. H. –P. Blume, G.Brümmer, K.-H.Hartge, U.Schwertmann 1989: Lehrbuch der Bodenkunde – Ferdinand Enke verlag Stuttgart.

6 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
	Leret sand
	Ler

Strukturer

	Laggrænser
	Krydslamination
	Krydslejringer
	Strukturløs

Prøver



DK03.03-062-HV

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 stofkemi 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.

