

**GEOFYSIKSAMARBEJDET**

**Geofysisk Afdeling  
Geologisk Institut  
Aarhus Universitet**

**KOMBINERET LCI-TOLKNING AF MEP OG TEM DATA  
- KONCEPT OG TOLKLNINGSEKSEMPLER**

**INDHOLD**

**FORORD (1)**

**INDLEDNING (2)**

**KORTLÆGNING AF MOD-  
STANDSVARIATIONER (3)**

Måleprincipper (3.1).....	4
Elektrisk modstand / anisotropi (3.2).....	5
Opløsningsevne (3.3).....	5
Kortlægningsvolumen (3.4).....	6

**DATA OG PROCESSERING  
(4)**

Datagrundlaget (4.1).....	7
Dataprocessering (4.2).....	8

**GEOFYSISK TOLKNING (5)**

Tolkningsmodel (5.1).....	10
Modelparameteranalysen (5.2).....	10
Kombineret LCI-tolkning - opsætning (5.3).....	11

**TOLKNINGSRESULTATER  
(6)**

Borebeskrivelsen (6.1).....	12
Profil 1 (6.2).....	12
Profil 2 (6.3).....	15
Profil 3 (6.4).....	15

**OPSUMMERING /  
PERSPEKTIV (7)**

**REFERENCER (8)**

**BILAG**

Boring 78.868 og 78.863

## 1 FORORD

I den løbende udvikling af metoder til tolkning af geofysiske data har GeofysikSamarbejdet i dette projekt undersøgt og udviklet samtolkningsmuligheder for data fra multielektrodeprofilering (MEP) og transiente elektromagnetiske data (TEM). Der er i projektet udviklet et koncept til samtolkning af profilorienterede TEM- og MEP-data. I denne rapport beskrives samtolkningskonceptet, og der præsenteres en række geofysiske tolkningsresultater. Koncept- og udviklingsarbejdet er foretaget af Nikolaj Foged, Anders Vest Christiansen, Jens

E. Danielsen og Esben Auken. Rapporten er udarbejdet af Nikolaj Foged.

Der er i rapportteksten ikke refereret til litteratur. Referencelisten er til gengæld emneopdelt og indeholder både artikler på dansk og på engelsk.

En tak til Århus Amt, der har stillet geofysiske data og boringsoplysninger til rådighed i projektet.

GeoFysikSamarbejdet, Geologisk Institut, Aarhus Universitet, Marts 2004.

## 2 INDLEDNING

I Danmark anvendes i stor stil elektriske metoder (DC) og elektromagnetiske metoder (TEM) ved den hydrogeologiske kortlægning. De to metoder har hver deres styrker i opløsningen af jordens modstandsvariationer, og i mange kortlægningsområder er der indsamlet data af begge typer. Traditionelt tolkes TEM- og DC-data til hver deres geofysiske model og først i den geologiske tolkning sammenstilles resultaterne.

Både TEM- og DC-metoderne kortlægger variationer i den elektriske modstand, hvilket gør en samtolkning af data allerede ved den geofysiske tolkning oplagt.

Forskellen i de to metoders virkemåde på f.eks. kortlægningsvolumenet, følsomhed over for inhomogeniteter og anisotropi bevirker ofte, at det er problematisk at opnå én fælles model med tilfredsstillende datatilpasning til begge datasæt. MCI-tolkningsalgoritmen (Mutually Constrained Inversion) blev udviklet for at tage højde for den inkonsistens, som kan være mellem to datasæt der måler den samme fysiske parameter. Ved en MCI-tolkning, tolkes to datasæt med hver sin model. Variationerne mellem de to modeller begrænses ved en række laterale bånd mellem de enkelte modelparametre (modstande, tykkelser eller dybder). Ved MCI-tolkning opnås en kombineret tolkning af de to datasæt/

-typer med to modeller, der ud fra et geologisk synspunkt er næsten identiske. MCI-formuleringen anvendes ved kombineret tolkning af Schlumberger- og TEM-data samt ved tolkning af HøjMoment TEM-sonderinger (HMTEM) og SkyTEM data.

Et andet tolkningskoncept, hvor der også anvendes bånd mellem modelparametrene er LCI-tolkning (Laterally Constrained Inversion). Ved LCI-tolkning bindes sonderinger/modeller langs et profil sammen med laterale bånd. Som følge af sammenbindingen opnås en horisontalt glat modelsektion med skarpe laggrænser. LCI-formuleringen anvendes bl.a. ved tolkning af slæbegeoelektriske data (PACES).

I dette projekt er der udviklet et tolkningskoncept beregnet til at udføre kombineret tolkning af MEP- og TEM-data langs profiler - Kombineret LCI-tolkning. Konceptet bygger således på både LCI og MCI formuleringerne og er udviklet og anvendt ved tolkningen af MEP- og TEM-data langs tre profiler. I denne rapport præsenteres og kommenteres tolkningsresultaterne fra disse tre profiler. Både særskilte LCI-tolkninger af TEM og MEP data og de kombinerede LCI-tolkninger sammenlignes og evalueres bl.a. ved sammenligning med boringsdata.

**3  
KORTLÆGNING AF MOD-  
STANDSVARIATIONER**

Denne rapport omhandler som sagt samtolkning mellem DC og TEM data. I de følgende afsnit gennemgås og sammenlignes derfor de to metoders måde at indhente informationer

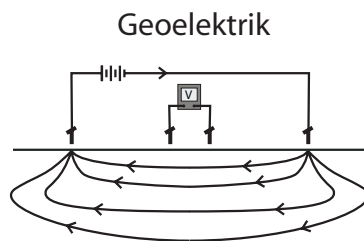
om modstanden og modstandsfordelingen i jorden. Dette har betydning for den måde, hvorpå de tolkede profiler skal opfattes, og for hvilke konklusioner der kan drages.

**3.1  
MÅLEPRINCIPPER**

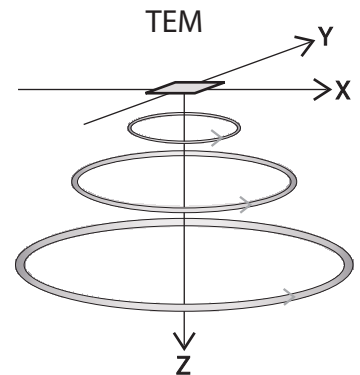
Fælles for de elektriske metoder er, at de benytter en 4-polsopstilling med to strømmelektroder og to potentialelektroder. Information om modstandsfordelingen indhentes ved at måle potentialet over to elektroder mens der sendes en strøm i de to andre (se figur 3.1). Strømbilledet i jorden ved en geoelektrisk måling afhænger i høj grad af geometrien i opstillingen og den underliggende geologi. En større afstand mellem strøm- og potentialelektroderne resulterer i, at strømmen løber i en større dybde. Ved at anvende forskellige elektrodeafstande opnås derfor information om modstanden til forskellige dybder, som ved den geofysiske tolkning kan omsættes til en geofysisk model.

ved at udnytte vekselvirkningen mellem magnetiske og elektriske felter. Først sendes en konstant strøm ud i en senderspøle, hvilket resulterer i et konstant magnetfelt (primærfeltet). Herefter afbrydes strømmen abrupt. Dette inducerer strømme i jorden der igen genererer et magnetfelt. Strømu dbredelsen kan beskrives som et system af horisontalt cirkulerende strømme, der breder sig nedad og udad i jorden som "røggringe", samtidig med at de svækkes (se figur 3.2). De henfaldene strømme giver anledning til et sekundært magnetfelt, som måles som en tidslig serie på jordoverfladen. Henfaldet af det sekundære felt varierer med modstandsforholdene i jorden. Denne variation gør, at man kan tolke henfaldsvariationer til en modstandsmodel.

Ved TEM-metoden indhentes information om modstandsfordelingen



Figur 3.1 Strømbilledet for en 4-polsopstilling



Figur 3.2 Strømu dbredelsen for TEM-metoden

### 3.2 ELEKTRISK MODSTAND / ANISOTROPI

Som det fremgår af figur 3.1, løber strømmen for en DC-måling både vandret og lodret igennem et lag. Derved indhentes der information om modstanden både i vertikal og i horisontal retning af et lag.

Hvis modstanden i de to retninger inden for et lag er forskellig (laget er anisotropt), vil lagmodstanden fra tolkningen af dataene være en kombination af modstanden i de to retninger. Den resulterende lagmodstand ( $\rho_{DC}$ ) ved en 1D-tolkning af en DC-måling er en vægtning af modstanden i de to retninger efter følgende formel

$$\rho_{DC} = \sqrt{\rho_H \cdot \rho_V},$$

hvor  $\rho_V$  er modstanden i vertikal retning og  $\rho_H$  er modstanden i horisontal retning.

Ved TEM-metoden løber strømmene kun i det horisontale plan. Modstandene fra den geofysiske tolkning af TEM-data modsvarer altså lagenes horisontale modstand ( $\rho_H$ ).

Anisotropi opstår f.eks. når et lag internt indeholder tynde lerlag. Dette bevirker, at den horisontale modstand er mindre end den vertikale. I dette tilfælde vil DC-metoden estimere en for stor tykkelse af laget, og TEM-metoden vil estimere en lavere modstand end DC-metoden vil. Den estimerede lagmodstand og tykkelse af et anisotropt lag er altså forskellig alt, efter om modellen stammer fra tolkning af TEM- eller DC-data. Ved MCI-samtolkning håndterer man en evt. inkonsistens mellem de to datatyper som følge af anisotropi ved at tillade små variationer mellem TEM- og DC-modellen styret af de laterale bånd.

Ved at kombinere de to datatyper opnås et mere korrekt estimat af modstand og tykkelse af et anisotropt lag.

### 3.3 OPLØSNINGSEVNE

Med opløsningsevne menes den detaljeringsgrad, i hvilken metoden beskriver modstandsforholdene. Hvilke laggrænser kan f.eks. kortlægges i hvilke dybder med metoden?

For både TEM- og DC-metoden gælder, at evnen til at skelne mellem jordlag afhænger af modstandskontrasten mellem lagene samt lagenes tykkelse.

Geoelektriske sonderinger skalerer relativt i lagenes modstande og tykkelser. Det vil sige, at det er den relative forskel mellem lagmodstandene, der bestemmer forløbet af en sonderingskurve og dermed, hvor godt den pågældende model kan opløses. En

geoelektrisk sondering skelner altså lige så godt mellem lag med en kontrast på 1-10  $\Omega m$  som mellem lag med en kontrast på 50-500  $\Omega m$ . Ækvivalensproblemer er relativt udtalte for DC-metoden. Høj- og lavmodstandsækvivalenser medfører, at kun produktet af, eller forholdet mellem, modstand og lagtykkelse er godt bestemt for de ækvivalente lag. Laggrænsernes placering i en DC-sondering med ækvivalente lag er ofte dårligt bestemt, da det ækvivalente lag også påvirker dybdeplaceringen af de øvrige laggrænser i modellen.

TEM-metoden er i modsætning til DC-metoden følsom over for kontraster i ledningsevnen (ledningsevne =

1/modstand). Dette bevirker, at metoden er dårlig til at skelne mellem lag med høje modstande (kaldet modstandsækvivalens) samt fastslå modstanden af højmodstandslag. Til gengæld har TEM-metoden en god opløsningsevne over for lavmodstandslag. Høj- og lavmodstandsækvivalens findes ikke for TEM-metoden.

For både TEM- og DC-metoden aftager opløsningsevnen med dybden. Dvs. at lagtykkelser og/eller modstandskontraster skal vokse med dybden, for at et lag giver sig til kende i data, og dermed i tolkningen.

En DC-måling er en direkte måling af modstanden og med korte elektrodeafstande opnås med DC-metoden en detaljeret opløsning af toplagene. En DC-sondering vil således kunne opløse tynde lag ned til 10-50 cm i de øverste meter af lagpakken.

TEM-metoden er en diffusiv metode og da diffusionshastigheden af strømssystemet er meget stor i begyndelsen, vil informationen om modstandsfordelingen i de første 5-10 m ofte være udetaljeret. Den geofysiske model fra en TEM-sondering vil derfor ofte indeholde et toplag på minimum 10 m, hvor lagmodstanden modsvarer gennemsnitsmodstanden af lagpakken i intervallet.

### 3.4 KORTLÆGNINGSVOLUMEN

En DC-måling inddrager ca. det jordvolumen, der er mellem spydene, og er meget fokuseret i profilretningen. I et MEP-udlæg er der normalt konfigurationer med ydre elektrodeafstande fra 20 op til ca. 350 m. De lange konfigurationer, der bestemmer de dybere dele af en model, midler således over et langt større volumen end de korte og overfladenære konfigurationer.

For TEM-metoden diffunderer det cirkulære strømsystem nedad og udad. Udbredelsens radius er geologifhængig, men vil være ca. det dobbelte af dybden. Data til tidlige tider

(den øvre del af modstandsmodellen) påvirkes således af modstandsforholdene tæt på målelokaliteten. Til sene tider (den dybereliggende del af modstandsmodellen) inddrages derimod et væsentlig større jordvolumen.

Indtrængningsdybden for TEM-metoden afhænger af signal-støj-forholdet, der bl.a. styres af geologien, lokaliteten og målemetoden. Med et standard TEM-udstyr opnås under gode forhold en indtrængningsdybde på op til 150 m, og med et højmoment TEM-udstyr (HMTEM) op til 250 m.

**4  
DATA OG PROCESSERING**

De følgende to afsnit indeholder en beskrivelse af datagrundlaget for tolkningsresultaterne, der præsenteres i

afsnit 6, samt en kort gennemgang af den udførte dataprocessering.

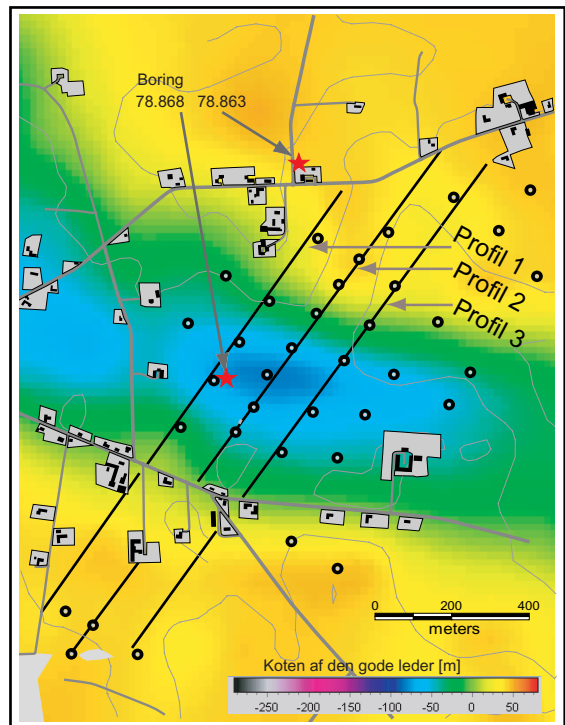
**4.1  
DATAGRUNDLAGET**

Data til den kombinerede LCI-tolkning er indsamlet ved Tinning ca. 20 km nordvest for Århus. Der er udført 35 HMTEM sonderinger og tre ca. 1,6 km lange MEP-profiler.

Lokaliseringen af HMTEM-sonderingerne og MEP-linierne fremgår af figur 4.1. Baggrundskortet i figuren viser koten af den gode leder (bunden af en begravet dal) baseret på en eksisterende TEM-kortlægning. De tre MEP-linier er udlagt omtrent på tværs af den begravet dal med 125 m mellemrum. MEP-linierne gennemskæres af en vej, og der er derfor "hul-

ler" i profilerne. HMTEM-sonderingerne er placeret med en indbyrdes afstand på ca. 150 m. Kun HMTEM-sonderinger placeret på linierne er anvendt ved LCI-tolkningen. Terrænet i området er relativt faldt og ligger i kote 80-85 m. Tolkningsresultaterne præsenteres derfor uden topografi.

I kortlægningsområdet findes to dybe borer markeret med stjerner på kortet. Boring 78.863 er placeret på flanken af dalen (se kortet) og når ca. 100 m ned i de tertiære aflejringer. Boring 78.863 er placeret midt i



Figur 4.1 Feltområdet. Tre MEP-profiler (streger) og 35 HMTEM-sonderinger (prikker). De to stjerner angiver placeringen af de to dybe borer. Baggrundskortet viser koten af den gode leder (bunden af en begravet dal)



dalen og når ned til det tertiære ler. Biostratigrafiske analyser af de tertiære aflejringer i boring 78.863 viser,

at den begravede dal er nedskåret i sedimenter fra hhv. Oligocæn og Eocen.

## 4.2 DATAPROCESSERING

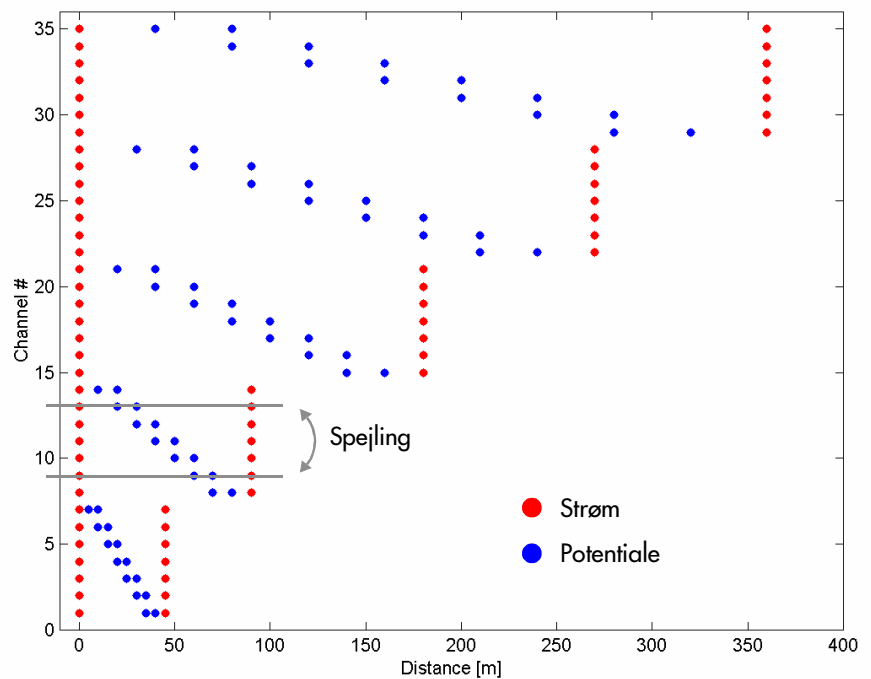
### MEP

MEP-dataene er indsamlet med en gradient-array-protokol. Denne array-type anvender en række skæve 4-pols-opstillinger, og der opnås langt flere data end ved de traditionelle Wenner/Schlumberger-protokoller. I figur 4.2 ses de 35 konfigurationer der måles med den anvendte gradient-array-protokol. Som det fremgår af figuren, er en række konfigurationer spejlinger af hinanden. Dybde-

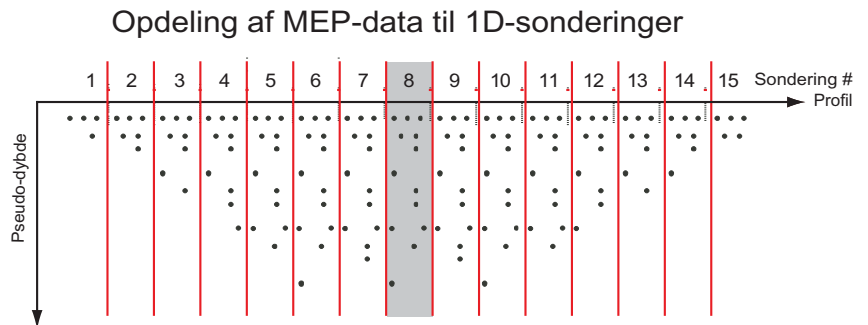
fokuspunktet for konfigurationerne varierer fra ca. 2 m til 70 m.

Da konfigurationerne er asymmetriske, er deres position på profilet (det laterale fokuspunkt) fastlagt ud fra deres 2D-følsomhed. Data er herefter samlet til sonderinger pr. 10 m som vist i figur 4.3

Ved visuel gennemgang af data er spikes og dårlige data fjernet. Data målt med samme konfiguration, der



Figur 4.2 De 35 konfigurationer på et 400 m gradient array udlæg. To strøm- og to potentialelektroder på en vandret række udgør en konfiguration (som vist med de grå vandrette linier). En række af konfigurationerne er spejlinger af hinanden.



Figur 4.3 Opdeling af MEP-data til 1D-sonderinger. Prikkerne angiver det laterale fokuspunkt for konfigurationerne. Data på samme vandrette linie stammer fra den samme elektrodekonfiguration. Alle data indenfor det grå felt indgår således i sounding 8.

falder inden for samme 10 m sonderingsinterval, er midlet sammen, som f.eks. de øverste tre datapunkter i sounding 8 - figur 4.3. Ved midlingen reduceres de statistiske shift, der opstår som følge af den inhomogene geologi tæt ved strøm- og potentialelektroderne. Alle datapunkter er tilskrevet en usikkerhed på 7 %. Det lidt højere støjniveau på data end normalt skyldes, dels at de anvendte konfigurationer i gradient-arrayet er mere støjpåvirkede end f.eks. Wenner-kon-

figurationer, dels at den laterale midling af data er mindre sammenlignet med f.eks. slæbegeoelektriske data.

**HMTEM**

HMTEM-sonderingerne er processeret efter sædvanlige standarder. Datakvaliteten er meget god, og ingen sonderinger er kasseret pga. koblinger. Ved LCI tolkningerne håndteres høj- og lavmomentdelene som separate sonderinger.

## 5 GEOFYSISK TOLKNING

Den geofysiske tolkning er den proces, der omsætter de målte data til en geofysisk model. Pga. kompleksiteten i den styrende fysik for metoderne beregnes den geofysiske model ved en iterativ proces under en række antagelser.

De to første afsnit (5.1 og 5.2) indeholder en kort beskrivelse af tolkningsmodellen og modelparameteranalysen. I afsnit 5.3 gennemgås opsætningen af den kombinerede LCI-tolkning.

### 5.1 TOLKNINGSMODEL

Ved tolkning af geofysiske data, anvendes en geofysisk tolkningsmodel. For DC- og TEM-metoden beskriver den geofysiske model modstandsfordelingen i jorden. Modstandsfordelingen i jorden er altid mere kompleks end den model, man beskriver den med. Tolkningsresultatet repræsenterer derfor en middelmodstand for et givet lag/område.

Til tolkning af TEM-data anvendes traditionelt en 1D tolkningsmodel. En 1D-model består af homogene, plan-

parallelle og isotrope lag med uendelig udstrækning til siderne. Profilorienterede DC-data tolkes enten med en 2D-model eller med sammenbundne 1D-modeller i en LCI-opsætning.

En 2D-model består af rektangulære stave med uendelig udstrækning vinkelret på profilet. Ved en 2D-tolkning tages der således højde for metodens laterale følsomhed. Tolkninger af MEP-data i programmet RES2DINV er en sådan 2D-tolkning.

### 5.2 MODELPARAMETER- ANALYSEN

En klar fordel ved 1D, 1D-LCI og 1D-MCI tolkning er, at man kan estimere usikkerheden på bestemmelsen af de enkelte modelparametre - kaldet modelparameteranalysen. Ved en LCI-tolkning tilføjer de laterale bånd en del information til tolkningen, hvilket bevirker, at usikkerhederne på modelparametrene bliver mindre sammenlignet med en 1D-tolkning uden laterale bånd.

Usikkerhederne er et statistisk udsagn, der siger, at det er 67% sandsynligt, at modelparameteren ligger inden for et interval fra parameteren ganget/divideret med usikkerheden. Analysen bør bruges som indikator for bestem-

melsen af modelparametrene på følgende måde:

- 1-1.2: Parameteren er godt bestemt.
- 1.2-1.5: Parameteren er moderat bestemt.
- >1.5: Parameteren er dårligt bestemt/ubestemt.

At analysen ikke skal bruges med større præcision skyldes, at den er beregnet under forudsætning af, at der er en lineær sammenhæng mellem data og model - et forhold som kun tilnærmelsesvist er gældende. Analysen fra en LCI-tolkning forudsætter endvidere, at de laterale bånd er estimeret korrekt.

**5.3  
KOMBINERET LCI-TOLKNING  
- OPSÆTNING**

I dette projekt er der udviklet et koncept til kombineret LCI-tolkning af profilorienterede MEP- og TEM-data.

Konceptet indeholder en række nye tiltag i opsætningen af de laterale bånd. Båndene er konsekvent afstandsskaleret, og båndene på dybderne er gjort absolutte i stedet for relative til dybden. Endelig er de to datatyper sammenbundet lateralt i en dybdeafhængig vifte.

I figur 5.1 a ses hhv. MEP-profilet med uniform afstand mellem sonderingerne og TEM-profilet med TEM-sonderinger langs profilet. I plottet er de to profillinier adskilt for at kunne illustrere båndene. Profillinierne er sammenfaldende i felten.

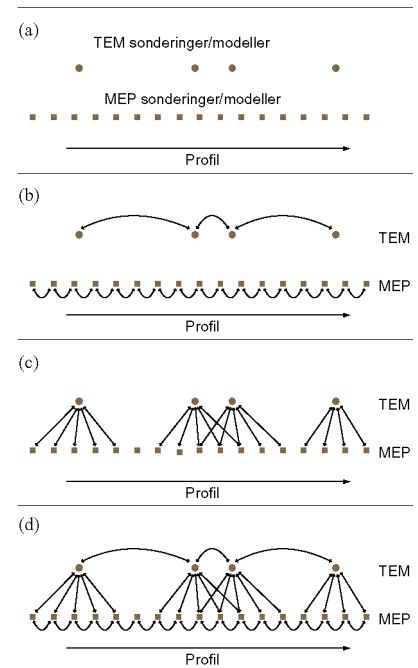
MEP og TEM-sonderingerne er først tolket separat i en LCI opsætning (figur 5.1 b), for at have et sammenligningsgrundlag til den kombinerede LCI-tolkning.

For LCI-tolkningen varieres båndenes styrke imellem sonderingerne med afstanden efter følgende formel:

$$C = 1 + \left[ (C_{Ref} - 1) \cdot \sqrt{(dist)/dist_{Ref}} \right]$$

C er det aktuelle bånd mellem to sonderinger, der er separeret med afstanden dist. Referencebåndet ( $C_{Ref}$ ) er 1.1 på modstande og 5 m for dybder med en referenceafstand ( $dist_{Ref}$ ) på 10 m.

For at kunne tilpasse de overfladenære inhomogeniteter, der giver udslag i MEP-dataene, anvendes der ikke bånd mellem første lags modelparametre ved LCI-tolkningen af MEP-sonderingerne. Dette lag er normalt under 1 m tykt.



Figur 5.1 Sammenkobling af sonderinger ved den kombinerede LCI-tolkning. a) sonderingernes placering. b) bånd mellem sonderinger af samme type. c) sammenkobling af de to sonderingstyper. d) det totale sæt af bånd ved den kombinerede LCI-tolkning.

Ved den kombinerede LCI-tolkning sammenkobles de to LCI-kæder. Sammenkoblingen foretages i en vifte ud fra TEM-sonderingerne, som vist på figur 5.1c. Viftebredden afhænger af dybden til laget. Der bindes lige så langt ud til siderne som dybden til laget, dog altid til nabomodellen. Viftebredden er altså lille for toplagene og stor for bundlagene, hvilket afspejler TEM-sonderingernes laterale følsomhed. I figur 5.1d ses den samlede opsætning af laterale bånd ved en kombineret LCI-tolkning.

## 6 TOLKNINGSRESULTATER

I det følgende præsenteres og diskuteres tolkningsresultaterne for de tre profiler. Tolkningsresultaterne fra hvert profil er samlet på hver deres figurside. 2D-tolkningerne er foretaget i tolkningsprogrammet RES2DINV. De øvrige tolkninger er foretaget med tolkningskoden

em1dinv. Alle modstandssektionerne er plottet i samme skala og med 2.5 gange overhøjning. De tre profiler har fælles profilkoordinatnulpunkt således at de kan sammenlignes. Boringen er projekteret vinkelret ind på profil 1 og 2, fra en afstand af hhv. ca. 40 og 80 m.

### 6.1 BOREBESKRIVELSEN

#### **BORING 78.868**

Den overordnede lagdeling i boringen, der er plottet på profil 1 og 2, er følgende (dybdeangivelser):

- 0-4 m, moræneler.
- 4-10 m, smeltevandssand.
- 10-15 m, moræneler.
- 15-17 m, smeltevandssand og grus.
- 17-20 m, fedt smeltevandssler.
- 20-27 m, moræneler.
- 27-109 m, smeltevandssand med to grusindslag.
- >109 m, tertiært ler.

For den viste boring markerer de sorte lag lerindslag. De tre mørkegrå lag er moræneleret, og lag med lys grå farve er sandaflejringer. De to hvide lag er grusaflejringer.

Lagmodstandene for boringen er aflæst på resistivitetsloggen og én

modstand for hele laget er estimeret. For det tykke sandlag og bundlaget er modstandsværdien aflæst på 128" resistivitetsloggen. For de tyndere toplag er modstandsværdierne estimeret vha. de kortere 32" og 16" resistivitetslogs

En detaljeret borebeskrivelse samt plot af resistivitets- og gammalog findes i bilag 1.

#### **BORING 78.863**

Denne boring er placeret på flanken af dalen (se figur 4.1 på side 7) og når ned i 150 m dybde. I denne boring nås det tertiære ler i ca. 22 m dybde. Resistivitetsloggen fra denne boring viser en kontinuert aftagende modstand ned igennem det tertiære ler fra ca. 40  $\Omega$ m til 2  $\Omega$ m. Borebeskrivelse og plot af logs findes i bilag 1.

### 6.2 PROFIL 1

I figur 6.1 på side 13 ses tolkningsresultaterne for profil 1.

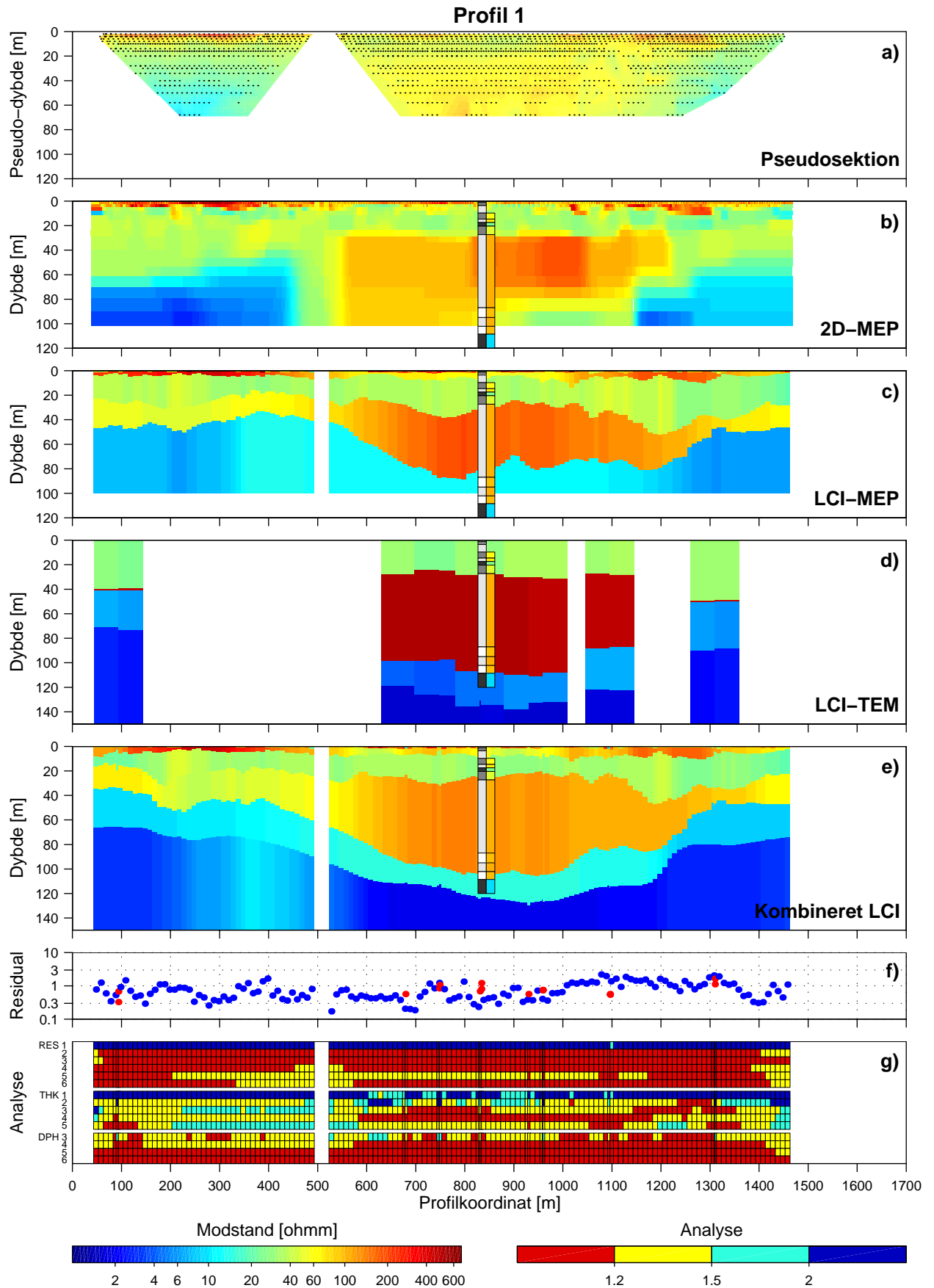
#### **MEP**

Plot a) er pseudosektionen for MEP-dataene. Bemærk at der er et hul i profilet, hvor profilet krydser en vej,

og at det dybeste elektrodefokuspunkt er beregnet til ca. 70 m.

I figur 6.1b ses en blød 2D-tolkning af MEP-dataene. I højre side af profilet er den hældende begravede dalflanke velbeskrevet, mens den venstre flanke ikke træder frem som følge af manglende datadækning. Sammenlignes

# GEOFYSIKSAMARBEJDET



Figur 6.1 Tolkningsresultater for profil 1.

med boringen er det kun overgangen til sandlegemet i ca. 30 m dybde, der træder tydeligt frem i modelsektionen.

1D-LCI-tolkningen af MEP-dataene er vist i plot c). Modelsektionen fremstår med skarpe laggrænser, og ud over overgangen til det tykke sandlegeme, kan det tyndere sandlag i ca. 10 m dybde med en modstand på ca. 60  $\Omega\text{m}$  også korreleres til boringen. For 1D-LCI-tolkningen er bundlerlaget gennemgående i modsætning til 2D-tolkningen. Dette er primært en effekt fra de laterale bånd, der trækker information om lavmodstandslaget ind fra siderne. Dette kan bekræftes ud fra pseudosektionen, der ikke har indikationer om et lavmodstandslag i midten af profilet.

Fælles for 1D- og 2D-tolkningerne af MEP-dataene er, at modstanden af sandlegemet overestimeres.

### TEM

I figur 6.1d) ses LCI-tolkningsresultatet af TEM-sonderingerne alene. Som forventet er opløsningen af toplagene begrænset. I forhold til MEP-sektionerne er alle lagene over sandlegemet slået sammen til ét lag, med en middelmodstand, primært styret af de 3-4 lerindslag. Bunden af dalen er tilgængelig velbeskrevet og velbestemt og øvre og nedre afgrænsning af sandlegemet stemmer perfekt overens med boringen. Modstanden af sandlegemet estimeres ikke korrekt. Dette er forventeligt, da TEM-metoden dårligt kan fastlægge høje modstande.

I begge sider af profilet kan TEM-sonderingerne tilpasses med en 4-lags-model. Da alle modeller skal have lige mange lag i LCI-opsætning, er det overflødige lag på dalflankerne trykket sammen til en ubetydelig tykkelse. Alle TEM-sonderingerne indeholder to lavmodstandsdrag som bundlag. Den viste boring midt i dalen er ikke dyb nok til at verificere denne interne lagdeling i det tertiære ler. Boringen

på dalflanken ca. 100 m vest for endepunktet af profil 1 (78.863) når ca. 100 m ned i den tertiære lagpakke. Resistivitetsloggen fra denne boring (se bilag 1) viser en kontinuert aftagende modstand ned igennem det tertiære ler fra ca. 40  $\Omega\text{m}$  til 2  $\Omega\text{m}$ . Den kontinuert aftagende modstand bevirker, at tolkningsmodellerne skal indeholde minimum to lavmodstandsdrag for at beskrive forholdene. Lagdelingen i bundlagene, der ses i tolkningerne, er altså ikke en skarp geologisk grænse.

### KOMBINERET LCI-TOLKNING

Resultatet af den kombinerede LCI-tolkning af TEM- og MEP-dataene ses i plot e), med tilhørende dataresidualer i plot f) og modelparameteranalysen i plot g). Ved den kombinerede tolkning er der anvendt en 7-lags-model, omtrent svarende til de 5 første lag fra tolkning af MEP-dataene og de to sidste fra TEM-tolkningen. Generelt ses en velbeskrevet begravet dal nedskåret i det tertiære ler, med sandfyldt overlejret af lerede og sandede indslag. Datatilpasningen er generelt tilfredsstillende dog lidt høj for MAP-dataene i intervallet 1000-1300 m. Modelparametrene er generelt godt bestemt (plot g), dog er tykkelse og modstand af det meget tynde første lag ubestemt. I venstre side af profilet er TEM-datadækningen sparsom. Den venstre dalflanke ekstrapoleres dog på fornøftig vis, gennem de laterale bånd, mellem TEM-sonderingerne. Den sparsomme TEM-datadækning i højre del af profilet giver sig også tilkende i modelparameteranalysen, idet specielt de dybereliggende modelparametre er dårligere bestemt i intervallet 100-500 m.

Sammenlignes tolkningsresultatet med boringen, ses en god korrelation til den overordnede lagdeling. Afgrænsningen af sandlegemet opad og nedad er sammenfaldende med boringen. Ligeledes er der overensstemmelse mellem lagmodstandene og modstandsværdien fra resi-

stivitetsloggen - dette var ikke tilfældet for tolkningerne af sonderingerne hver for sig.

De to morænelers lag, smeltevandsleret samt det tynde sandlag i ca. 20-40 m er naturligt slået sammen til ét lag i modstandssektionen, men med god korrelation for den øvre og nedre afgrænsning. Modstanden af det sammenslåede lag stemmer rimeligt overens med resistivitetsloggen, idet det tynde indslag med smeltevandsler vægter relativt meget i middelmodstanden for laget. Det ca. 7 m tykke sandlag i 3 til 10 m dybde i boringen stemmer overens med 2. lag i modstandssektionen.

Den kombinerede tolkning viser altså et stærkt forbedret billede af modstandsforholdene. Den gode bestemmelse af de dybere dele af modellen fra primært TEM-sonderingerne, bevirker en justering af laggrænserne i den øvre del, der primært opløses af MEP-sonderingerne. Den mere korrekte placering af laggrænserne bevirker igen, at modstandene justeres på plads.

Den større datamængde og den ekstra information, de to metoder bidrager med, øger ikke blot modelopløsningen, men gør også tolkningsresultatet mere pålideligt.

### 6.3 PROFIL 2

I figur 6.2 på side 16 ses tolkningsresultaterne fra profil 2. Tolkningsresultaterne er i overensstemmelse med resultaterne fra profil 1. Forskellen mellem 1D-LCI-tolkningen og 2D-tolkningen af MEP-sonderingerne alene er dog større her end ved profil 1. Den højre dalflanke er væsentligt stejlerne i 2D-tolkningen (plot b) end i 1D-LCI-tolkningen (plot c). I 2D-tolkningen ses et højmodstandsindslag i 60-100 m dybde i venstre side af profilet. Dette højmodstandsindslag skyldes manglede datadækning fra de dybt fokuserende elek-

trodekonfigurationer, hvilket fremgår af pseudosektionen.

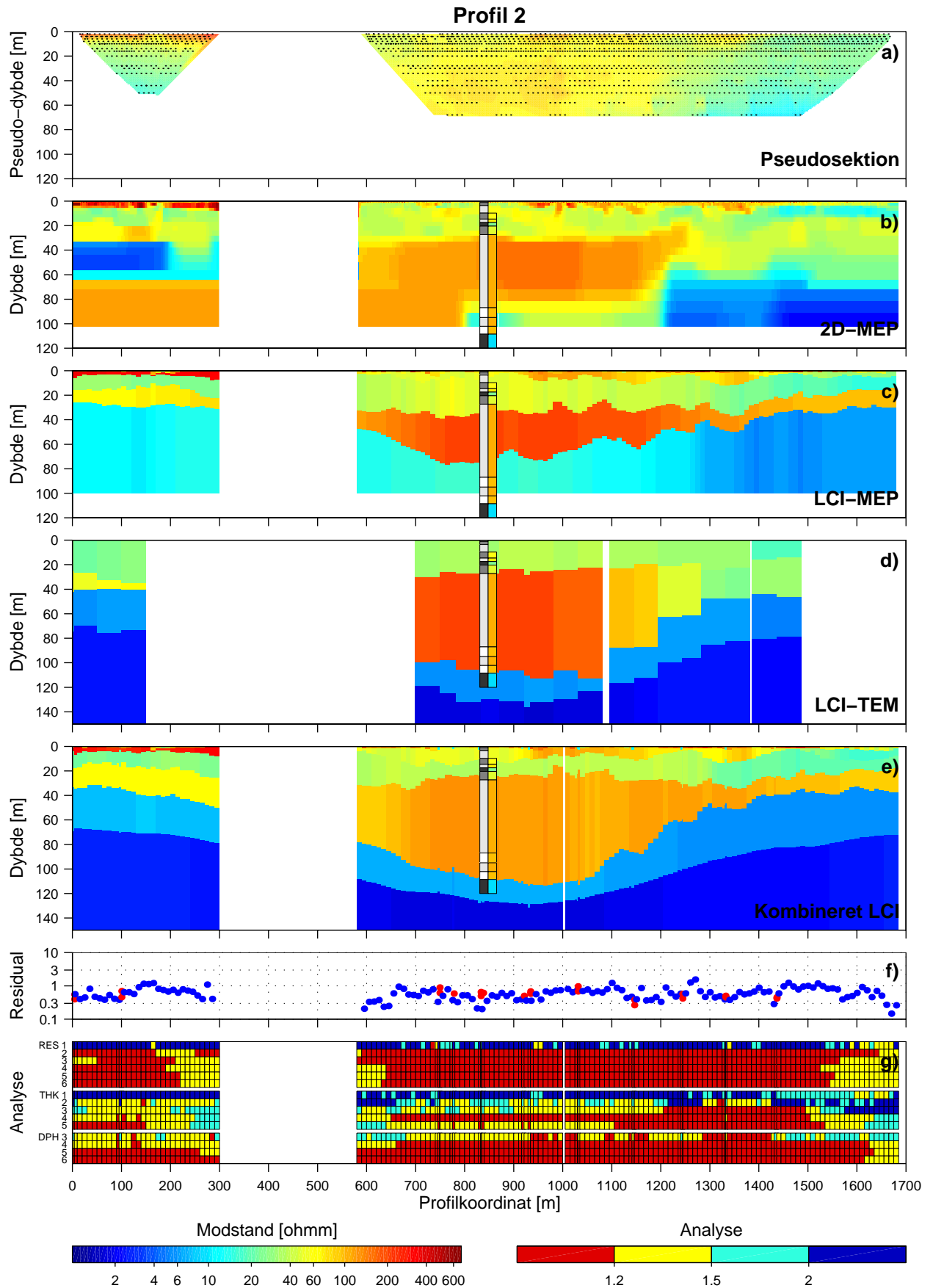
For den kombinerede LCI-tolkning (plot e) er korrelationen til boringen mht. modstandsværdier og laggrænsernes placeringer mindst lige så god som ved profil 1, og datatilpasningen (plot f) er lidt bedre. Den takkede højre dalflanke er sandsynligvis ikke geologiske strukturer, men skyldes nok TEM-sonderingernes placering, kombineret med 2D-effekter fra den relativt stejle dalflanke.

### 6.4 PROFIL 3

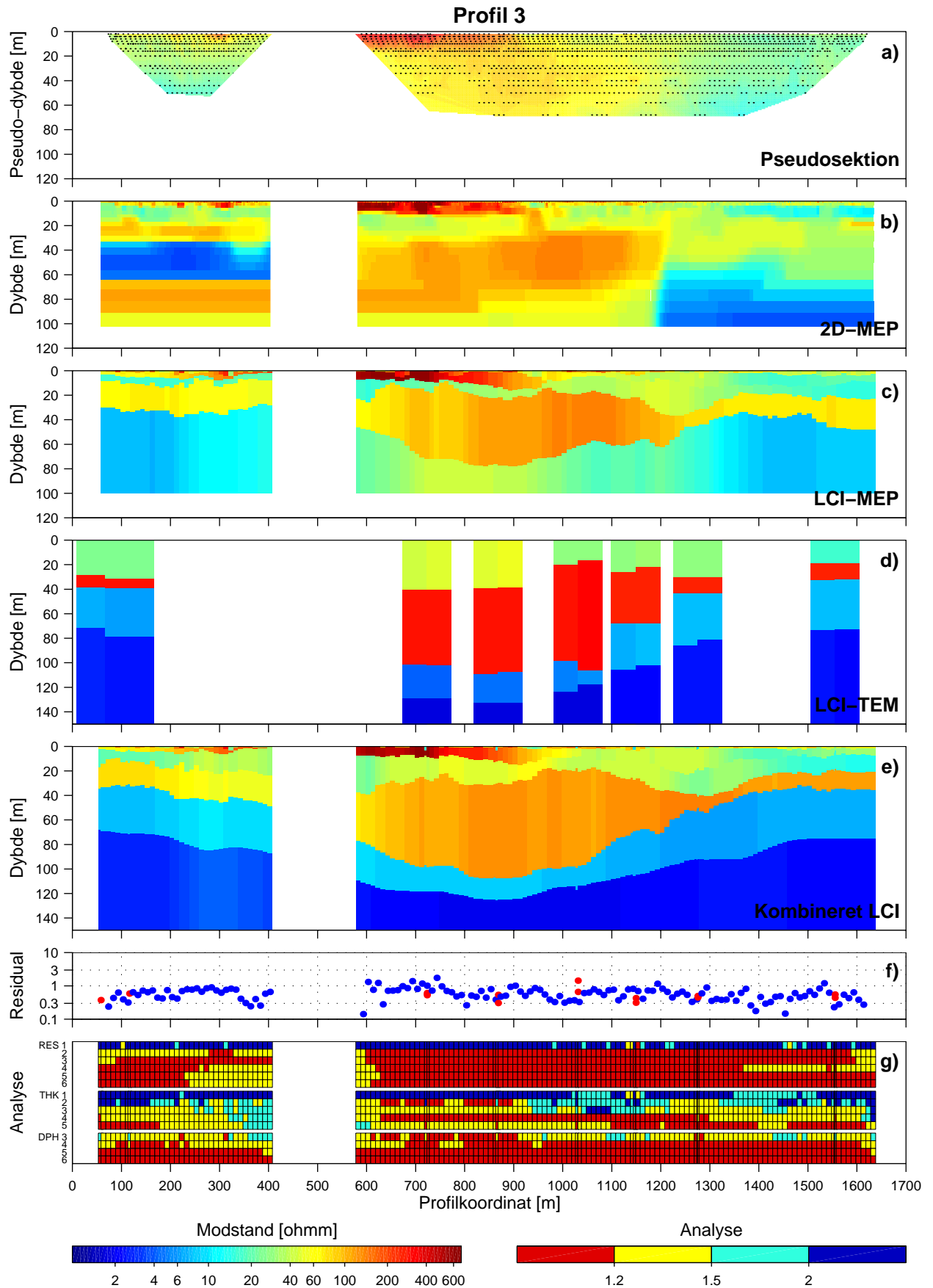
Tolkningsresultaterne for profil 3 er vist i figur 6.3 på side 17. Resultaterne er sammenlignelige med de to øvrige profiler. Den mest markante forskel er den højere modstand af toplaget ved 300 til 800 m. Dette ses både i MEP-dataene (plot a), og i alle tolknin-

gerne. I TEM-sektionen resulterer det i en ca. 20  $\Omega$ m højere modstand af det ca. 30 m tykke første lag, og i de øvrige modelsektioner ses det som et særskilt lag med en modstand på ca. 200-400  $\Omega$ m.





Figur 6.2 Tolkingsresultater for profil 2.



Figur 6.3 Tolkningsresultater for profil 3.

## 7

**OPSUMMERING / PERSPEKTIV**

Den kombinerede LCI-tolkning viser, at samtolkning af MEP- og TEM-data, ved beregningen af den geofysiske modstandsmodel, resulterer i forbedret modelopløsning. Således opnås mere information om modstandsvariationerne ved den kombinerede LCI-tolkning end ved tolkning af de to datatyper hver for sig.

Ved at kombinere de to metoder i den geofysiske tolkning udnytter man deres forskellige styrker mht. opløsningsevne af modstandsforholdene. Med de laterale bånd sikrer man kontinuitet i modelsektionen.

De konkrete tolkningsresultater fra den kombinerede LCI-tolkning af TEM- og MEP-dataene indsamlet over en begravet dal stemmer godt overens med boreoplysningerne. Der er meget god korrelation mellem langgrænser og modstande i modelsektionerne og den overordnede lagdeling i boringen. Korrelationen til boreoplysningerne er bedre for den kombinerede LCI-tolkning end for de særskilte tolkninger af TEM- og MEP-sonderingerne. Specielt modstanden af sandfyldet i dalen blev meget bedre estimeret ved den kombinerede LCI-tolkning.

Sammenstilling af de geofysiske tolkninger med boringsoplysninger er vigtig. Således kunne information fra boringer i området fastslå, at lagdelingen i det tertiære ler, fundet i de geofysiske modeller, ikke var en skarp geologisk grænse, men skyldtes en kontinuert aftagende modstand ned igennem det tertiære ler.

Evt. inkonsistens imellem de to datatyper udgør ikke et problem ved den kombinerede LCI-tolkning. De laterale bånd mellem modellerne bevirker, at man opnår en kontinuert modelsektion med tilfredsstillende datatilpasning for begge datatyper.

I dette projekt er der lagt et stort arbejde i dataindsamlingen. TEM-sonderingerne er placeret med kort indbyrdes afstand og direkte på MEP-linjerne. Ved processering af MEP-dataene er der ligeledes lagt et stort arbejde i at opdele og midle data til 1D-sonderinger på korrekt vis. Det vurderes, at ovenstående forhold er vigtige at opfylde for at udføre den kombinerede LCI-tolkning med succes.

**PERSPEKTIVER**

Som omtalt anvendes LCI-tolkningsmetoden primært til tolkning af geoelektriske data. Konceptet med laterale bånd mellem 1D-modeller kan også med fordel overføres til tolkning af TEM-data. Der er i marts 2004 afsluttet et specialeprojekt med titlen "1D-LCI inversion af transiente elektromagnetiske data". Specialeafhandlingen kan hentes på GeofysikSamarbejdets hjemmeside ([www.gfs.au.dk](http://www.gfs.au.dk)) og indeholder bl.a. en række LCI-tolkninger af syntetiske TEM-data af forskellige geologiske scenarier, og LCI-tolkning af SkyTEM-data.

Det er også oplagt at anvende kombineret LCI-tolkning på andre datatyper, som f.eks. frekvensdomæne-metoder (FEM, HEM) og overfladebølgeseismik. Kombinationen af seismiske data og DC data er under afprøvning.

Forudsætningen for den kombinerede LCI-tolkning i dette projekt er, at data er profilorienterede. Konceptet kan givetvis udvides til tolkning af sonderinger, der er spredt over et område. I stedet for at binde modellerne sammen langs et profil, bindes modellerne til nabomodellerne inden for en given radius. Tolkningsresultatet vil være sammenhængende lagflader i området. Denne "LCI-fladetolkning" kunne også anvendes til samtolkning af flere datatyper i samme område.

## 8 REFERENCER

### GEOFYSISKE METODER:

Dahlin, T. and Zhou, B., 2002, Gradient and mid-point referred measurements for multi-channel 2D resistivity imaging: Proceedings, Integrated Case Histories session, 8th meeting EEGS-ES, Aveiro, Portugal,

Danielsen, J. E., Auken, E., and Sørensen, K. I., 2002, HMTEM - a high moment / high production TEM system: Proceedings, 8th meeting EEGS-ES, Aveiro, Portugal, EEGS-ES.

Sørensen, K. I., Auken, E., Christensen, N. B., and Pellerin, L., 2004, An Integrated Approach for Hydrogeophysical Investigations: New Technologies and a Case History. Near-surface Geophysics Volume II: Application and case histories: In print.

### GEOFYSISK TOLKNING

Albouy, Y., Andrieux, P., Rakotondraso, G., Ritz, M., Descloitres, M., Join, J.-L., and Rasolomanana, E., 2001, Mapping Coastal Aquifers by Joint Inversion of DC and TEM Soundings-Three Case Histories: Ground Water, 39, 87-97.

Auken, E., Christiansen, A. V., Jacobsen, B. H., Foged, N., and Sørensen, K. I., 2003, Piecewise 1D Laterally Constrained Inversion of resistivity data: Submitted to Geophysical Prospecting

Auken, E., Sørensen, K., Pellerin, L., 2004, Mutually Constrained Inversion (MCI) og Electrical and Electromagnetic Data: Submitted to Geophysical Prospecting.

Christensen, N. B., 2000, Difficulties in determining electrical anisotropy in sub-surface investigations: Geophysical Prospecting, 48, 1-19.

Farquharson, C. G. and Oldenburg, D. W., 1993, Inversion of time-domain electromagnetic data for a horizontally layered Earth: Geophys.J.Int., 114, 433-442.

Foged, N. and Auken, E. LCI tolkning af geoelektriske data - verificering af metoden. 2002. Århus, GeoFysikSamarbejdet, Geologisk Institut, Århus Universitet.

Jacobsen, L. H., 2004, 1D-LCI inversion af transiente elektromagnetiske data: Specialeafhandling, Geologisk Institut, Århus Universitet.

### BEGRAVEDE DALE:

Jørgensen, F. og Sandersen, P. Vandressourcer i begravede dale - og vigtigheden af at kende geologien. danskVAND [3], 156-161. 2003.

Jørgensen, F. og Sandersen, P., 2000, Begravede Dale i Jylland - status for kortlægningen: Geologisk Nyt, 5, 16-19.

Sandersen, P. and Jørgensen, F., 2003, Buried Quaternary valleys in western Denmark--occurrence and inferred implications for groundwater resources and vulnerability: Journal of Applied Geophysics, 53, 229-248.

Jørgensen, F., Sandersen, P., and Auken, E., 2003, Imaging buried Quaternary valleys using the transient electromagnetic method: Journal of Applied Geophysics, 53, 199-213.

**BILAG 1**

Boring 78.868

Boring 78.863



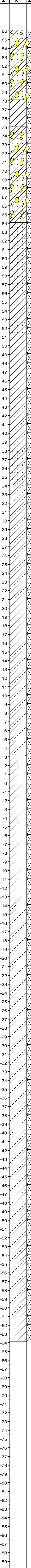
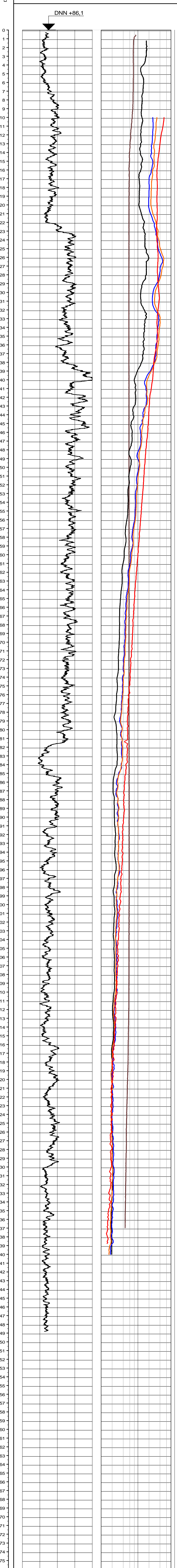
# BORING NR. 78.863

# Århus Nord - Samtolkning

Borehulslog: OSD32-B03

Dybde (m)

Dybde (m)



Kote (m)	Signatur	Prøve	Prøvebeskrivelse	Geologisk tolkning	Miljø / Alder	Ubygning
86			01 MORÆNELER, ret fedt, glimmerhl., gråt og rødbrunt (meleret) (2. 5y 5/4), kf.	GI Gc		
85			02 MORÆNELER - - -	GI Gc		
84			03 MORÆNELER, st. siltet, glimmerhl., rødbrunt (2. 5y 5/4), kf.	GI Gc		
83			04 MORÆNELER - - -	GI Gc		
82			05A MORÆNELER - - -	GI Gc		
81			05B MORÆNELER, st. sandet, glimmerhl., mørkegråt (5y 3/1), kf., øvre grænse skarp og bestående af ler (fedt, glimmerhl., mørkegråt, kf)	GI Gc		
80			06 MORÆNELER, st. sandet, glimmerhl., mørkegråt (5y 3/2), kf.	GI Gc		
79			07 MORÆNELER, st. siltet, sandet, glimmerhl., mørkegråt (2. 5y 4/1), kh.	GI Gc		
78			08 MORÆNELER, st. siltet, sv. sandet, glimmerhl., mørkegråt, kh.	GI Gc		
77			09 LER, ret fedt, kompakt, m. siltede part., mørkegråt (5y 3/1), kh.	Sm Gc		
76			10 LER, ret fedt, sv. siltet, kompakt, m. siltede part., mørkegråt (5y 3/1), kh.	Sm Gc		
75			11 LER - - -	Sm Gc		
74			12 MORÆNELER, sv. sandet, glimmerhl., mørkegråt (5y 3/2), kh.	GI Gc		
73			13 MORÆNELER, sandet, glimmerhl., mørkegråt (5y 3/2), kh.	GI Gc		
72			14 MORÆNELER, ret fedt, glimmerhl., mørkegråt (5y 3/2), kh.	GI Gc		
71			15 MORÆNELER - - -	GI Gc		
70			16 MORÆNELER, sv. sandet, glimmerhl., mørkegråt (5y 3/2), kh.	GI Gc		
69			17 MORÆNELER - - -	GI Gc		
68			18 MORÆNELER - - -	GI Gc		
67			19 MORÆNELER, sv. siltet og sandet, glimmerhl., mørkegråt (5y 3/2), kh.	GI Gc		
66			20 MORÆNELER - - -	GI Gc		
65			21 MORÆNELER - - -	GI Gc		
64			22 MORÆNELER - - -	GI Gc		
63			23 LER, siltet, sv. sandet, st. glimmerhl., mørkebrunt (10yr 2/1), sv. kh.	Ma Te		
62			24 LER, siltet, sv. sandet, st. glimmerhl., mørkebrunt (10yr 2/1), kf., lugter brændt	Ma Te		
61			25 LER - - -	Ma Te		
60			26 LER - - -	Ma Te		
59			27 LER, siltet, sv. sandet, st. glimmerhl., diffus lamination, mørkebrunt (10yr 2/1), kf.	Ma Te		
58			28 LER - - -	Ma Te		
57			29 LER - - -	Ma Te		
56			30 LER, siltet, sv. sandet, st. glimmerhl., mørkebrunt (10yr 2/1), kf.	Ma Te		
55			31 LER, siltet, st. glimmerhl., diffus lamination, mørkebrunt (10yr 2/1), sv. kh.	Ma Te		
54			32 LER - - -	Ma Te		
53			33 LER - - -	Ma Te		
52			34 LER, siltet, sv. sandet, enk. fingruskorn (konkretioner), st. glimmerhl., mørkebrunt (10yr 2/1), kf.	Ma Te		
51			35 LER - - -	Ma Te		
50			36 LER, ret fedt, m. silt - og sand (f) linser, sv. glimmerhl., mørkebrunt (10yr 2/1), kf.	Ma Te		
49			37 LER, ret fedt, m. silt - og sand (f) linser, m. fingruskorn (orange konkretioner), sv. glimmerhl., mørkebrunt (10yr 2/1), kf.	Ma Te		
48			38 LER, ret fedt, m. silt - og sand (f) linser, m. fingruskorn (hvide og lyse konkretioner samt flint), sv. glimmerhl., mørkebrunt (10yr 2/1), kf.	Ma Te		
47			39 LER - - -	Ma Te		
46			40 LER - - -	Ma Te		
45			41 LER, meget fedt, brunt (2. 5y 4/2), kf.	Ma Te		
44			42 LER, sv. siltet, glimmerhl., mørkebrunt (2. 5y 2. 5/1), sv. kh.	Ma Te		
43			43 LER, sv. siltet, glimmerhl., enk. fingruskorn (kalk), mørkebrunt (2. 5y 2. 5/1), sv. kh.	Ma Te		
42			44 LER, siltet, brunt (10yr 3/2) m. lysebrune og brungrønne part., sv. kh.	Ma Te		
41			45 LER, st. siltet, glimmerhl., mørkebrunt (10yr 2/1), sv. kh.	Ma Te		
40			46 LER, siltet, kompakt, enk. fingruskorn (kalk), glimmerhl., mørkt gråbrunt (10y 2. 5/1), sv. kh.	Ma Te		
39			47 LER, siltet, kompakt, enk. fingruskorn (kalk), glimmerhl., mørkebrunt (5y 2. 5/1), sv. kh.	Ma Te		
38			48 LER, st. siltet, glimmerhl., mørkebrunt, sv. kh.	Ma Te		
37			49 LER, st. siltet, sv. sandet, diffuse småskala strukturer, glimmerhl., mørkebrunt, sv. kh.	Ma Te		
36			50 LER, st. siltet, sv. sandet, diffuse småskala strukturer, glimmerhl., mørkebrunt (5y 2. 5/1), kf.	Ma Te		
35			51 LER, st. siltet, sandet, diffuse småskala strukturer, mørkebrunt (2. 5y 3/1), kf.	Ma Te		
34			52 LER, siltet, sv. sandet, diffus lamination, glimmerhl., mørkebrunt (2. 5y 3/1), kf.	Ma Te		
33			53 SILT, leret, sandet (f), diffus lamination, mørkebrunt (2. 5y 3/1), kh.	Ma Te		
32			54 SILT, leret, sandet (f), diffus lamination, mørkebrunt (2. 5y 3/2), sv. kh.	Ma Te		
31			55 LER, siltet, sandet (f), glimmerhl., mørkebrunt (2. 5y 3/2), sv. kh.	Ma Te		
30			56 LER - - -	Ma Te		
29			57 LER, siltet, sandet (f), glimmerhl., mørkebrunt (2. 5y 3/2), kh.	Ma Te		
28			58 LER, siltet, sandet (f), glimmerhl., m. konkretioner (rødgule), diffuse småskala strukturer, mørkebrunt (2. 5y 3/2), kh.	Ma Te		
27			59 LER, siltet, sandet (f), glimmerhl., diffuse småskala strukturer, mørkebrunt (2. 5y 3/2), sv. kh.	Ma Te		
26			60 LER, siltet, sandet (f), glimmerhl., mørkebrunt (2. 5y 3/2), kh.	Ma Te		
25			61 LER, siltet, sandet (f), glimmerhl., m. konkretioner (rødgule), diffuse småskala strukturer, mørkebrunt (2. 5y 3/2), kh.	Ma Te		
24			62 LER, siltet, glimmerhl., mørkebrunt (2. 5y 3/2), kh.	Ma Te		
23			63 LER, meget fedt, sv. siltet, sv. glimmerhl., mørkegråt, sv. kh.	Ma Te		
22			64 LER, siltet, sandet (f), enk. fingruskorn (kalk, konkretioner, kvarts), sv. glimmerhl., mørkt gråbrunt (5y 3/1), sv. kh.	Ma Te		
21			65 LER, siltet, sandet (f), enk. fingruskorn (kalk, konkretioner (orange), kvarts), sv. glimmerhl., mørkt gråbrunt (5y 3/1), sv. kh.	Ma Te		
20			66 LER, meget fedt, m. siltede part., enk. fingruskorn (kalk, kvarts), glimmerhl., mørkegråt (5y 4/1), sv. kh.	Ma Te		
19			67 LER, meget fedt, m. siltede part., glimmerhl., mørkegråt (5y 4/1), kh.	Ma Te		
18			68 LER, meget fedt, m. siltede part., glimmerhl., mørkegråt (5y 4/1), sv. kh.	Ma Te		
17			69 LER, meget fedt, m. siltede part., glimmerhl., mørkegråt (5y 4/1), kh.	Ma Te		
16			70 LER - - -	Ma Te		
15			71 LER, meget fedt, siltet, enk. konkretioner, sv. glimmerhl., mørkt gråbrunt (5gy 4/1), kh.	Ma Te		
14			72 LER, meget fedt, siltet, glimmerhl., mørkt gråbrunt (5gy 4/1), sv. kh.	Ma Te		
13			73 LER, meget fedt, siltet, glimmerhl., mørkt gråbrunt (5gy 4/1), st. kh.	Ma Te		
12			74 LER - - -	Ma Te		
11			75 LER - - -	Ma Te		
10			76 LER, meget fedt, sv. siltet, glimmerhl., mørkt gråbrunt (5gy 4/1) med lysere og mørkere pletter, sv. kh.	Ma Te		
9			77 LER - - -	Ma Te		
8			78 LER - - -	Ma Te		
7			79 LER - - -	Ma Te		
6			80 LER - - -	Ma Te		
5			81 LER, meget fedt, sv. siltet, glimmerhl., m. "slickensides", mørkt gråbrunt (5gy 4/1) med lysere og mørkere pletter, sv. kh.	Ma Te		
4			82 LER, meget fedt, sv. siltet, glimmerhl., mørkt gråbrunt (5gy 4/1) med lysere og mørkere pletter, sv. kh.	Ma Te		
3			83 LER, fedt, sv. siltet, sv. glimmerhl., mørkebrunt (5y 5/2), kh., LER, let, lyst (10gy 7/1), st. kh.	Ma Te		
2			84 LER, fedt, m. lerklp. (let, lyst (10gy 7/1), st. kh. ), gråbrunt (10gy 6/1), st. kh.	Ma Te		
1			85 LER, fedt, m. lerklp. (let, lyst (10gy 7/1), st. kh. ), gråbrunt (10gy 6/1), st. kh.	Ma Te		
0			86 LER, meget fedt, lyst (10y 7/1, 5y 6/1), st. kh.	Ma Te		
-1			87 LER, meget fedt, gråbrunt (10y 5/1), gråhvidt (10y 8/1), beige (10y 7/1), st. kh.	Ma Te		
-2			88 LER, meget fedt, mørkegråt (5y 4/1), m. lyse klaster (5y 6/1), enk. konkretioner (sv. kh. ), sv. kh.	Ma Te		
-3			89 LER - - -	Ma Te		
-4			90 LER, meget fedt, gråbrunt (5y 5/1), lys beige (5y 7/2), st. kh.	Ma Te		
-5			91 LER, meget fedt, m. lyse, siltede klaster, gråbrunt (5y 5/2), sv. kh.	Ma Te		
-6			92 LER, meget fedt, m. lyse, siltede klaster, gråbrunt (5y 5/2) med mørkere part., kh.	Ma Te		
-7			93 LER - - -	Ma Te		
-8			94 LER - - -	Ma Te		
-9			95 LER - - -	Ma Te		
-10			96 LER - - -	Ma Te		
-11			97 LER, meget fedt, m. mange lyse, siltede klaster, gråbrunt (5y 5/2) med mørkere part., kh.	Ma Te		
-12			98 LER - - -	Ma Te		
-13			99 LER - - -	Ma Te		
-14			100 LER, meget fedt, m. enk. lyse klp., gråbrunt (5gy 5/1) og brunt (5y 5/2), kh.	Ma Te		
-15			101 LER, meget fedt, sv. siltet, m. klp. (h2, leret, siltet, let, lysebrunt (5y 5/2), kh. ), enk. mørkere striber, kh. ), mørkebrunt (2. 5y 4/1), kh.	Ma Te		
-16			102 LER, meget fedt, sv. siltet, m. "slickensides", m. klp. (h2, leret, siltet, let, hvidt (5y 8/1), kh. ), mørkebrunt (5y 5/2), kh.	Ma Te		
-17			103 LER, meget fedt, m. klp. (h2, leret, siltet, let, lysebrunt (5y 6/2), m. enk. mørkere striber, kh. ), brunt (5y 5/2), sv. kh.	Ma Te		
-18			104 LER, meget fedt, m. klp. (h2, leret, siltet, let, lysebrunt (5y 6/2), m. enk. mørkere striber, kh. ), brunt (5y 5/2) m. mørkere og grønne pletter, m. mørkebrune belægninger, sv. kh.	Ma Te		
-19			105 LER, meget fedt, m. klp. (h2, leret, siltet, let, lysebrunt (5y 6/2), m. enk. mørkere striber, kh. ), brunt (5y 5/2) m. enk. mørkere pletter, sv. kh.	Ma Te		
-20			106 LER, meget fedt, m. klp. (h2, leret, siltet, let, lysebrunt (5y 6/2), m. enk. mørkere striber, kh. ), brunt (5y 5/2) m. enk. mørkere pletter, sv. kh.	Ma Te		
-21			107 LER, meget fedt, sv. siltet, enk. klp. laminerede m. småskala belægningstrukturer, m. klp. (h2, leret, siltet, let, lysebrunt (5y 6/2), m. enk. mørkere striber, kh. ), brunt (5y 5/2), st. kh.	Ma Te		
-22			108 LER, meget fedt, sv. siltet, kompakt, m. klp. (h2, leret, siltet, let, lysebrunt (5y 6/2), m. enk. mørkere striber, kh. ), brunt (5y 5/2) m. lyse og mørke pletter, st. kh.	Ma Te		
-23			109 LER, meget fedt, sv. siltet, kompakt, m. klp. (h2, leret, siltet, let, lysebrunt (5y 6/2), m. enk. mørkere striber, kh. ), brunt (5y 5/2) m. lyse og mørke pletter, st. kh.	Ma Te		
-24			110 LER, meget fedt, m. "slickensides", m. klp. (h2, leret, siltet, let, lysebrunt (5y 6/2), m. enk. mørkere striber, kh. ), mørkebrunt (5y 5/2) med mørke og grønne pletter og striber, sv. kh.	Ma Te		
-25			111 LER - - -	Ma Te		
-26			112 LER - - -	Ma Te		
-27			113 LER - - -	Ma Te		
-28			114 LER, meget fedt, m. klp. (h2, leret, siltet, let, lysebrunt (5y 6/2), m. enk. mørkere striber, kh. ), brunt (5y 5/2) med mørke pletter, kh.	Ma Te		
-29			115 LER - - -	Ma Te		
-30			116 LER - - -	Ma Te		
-31			117 LER, meget fedt, m. klp. (h2, leret, siltet, let, lysebrunt (5y 6/2), m. enk. mørkere striber, kh. ), mørkt gråbrunt (10y 4/1), kh.	Ma Te		
-32			118 LER, meget fedt, m. klp. (h2, leret, siltet, let, lysebrunt (5y 6/2), m. enk. mørkere striber, kh. ), gråbrunt (5y 5/2) med mørke og grønne pletter, kh.	Ma Te		
-33			119 LER, meget fedt, m. klp. (h2, leret, siltet, let, lysebrunt (5y 6/2), m. enk. mørkere striber, st. kh. ), gråbrunt (5y 5/2), st. kh.	Ma Te		
-34			120 LER - - -	Ma Te		
-35			121 LER, meget fedt, m. klp. (h2, leret, siltet, let, lysebrunt (5y 6/2), m. enk. mørkere striber, st. kh. ), gråbrunt (5y 4/1), kh.	Ma Te		
-36			122 LER, meget fedt, m. klp. (h2, leret, siltet, let, lysebrunt (5y 6/2), m. enk. mørkere striber, kh. ), st. kh. ), mørkegråt (5y 4/1) m. lyse og mørke pletter, kh.	Ma Te		
-37			123 LER - - -	Ma Te		
-38			124 LER - - -	Ma Te		
-39			125 LER, ret fedt, sv. siltet, m. klp. (h2, leret, siltet, let, lysebrunt (5y 6/2), m. enk. mørkere striber, kh. ), mørkegråt (5y 4/1) m. lysere (5y 5/2) part., sv. kh.	Ma Te		
-40			126 LER, ret fedt, sv. siltet, m. klp. (h2, leret, siltet, let, lysebrunt (5y 6/2), m. enk. mørkere striber, kh. ), mørkegråt (5y 4/1) m. lysere (5y 5/2) part., kh.	Ma Te		
-41			127 LER, ret fedt, sv. siltet, m. klp. (h2, leret, siltet, let, lysebrunt (5y 6/2), m. enk. mørkere striber, kh. ), mørkegråt (5y 4/1) m. lysere (5y 5/2) part., sv. kh.	Ma Te		
-42			128 LER, ret fedt, sv. siltet, m. klp. (h2, leret, siltet, let, lysebrunt (5y 6/2), m. enk. mørkere striber, kh. ), mørkegråt (5y 4/1) m. lysere (5y 5/2) part., sv. kh.	Ma Te		
-43			129 LER, ret fedt, sv. siltet, m. klp. (h2, leret, siltet, let, lysebrunt (5y 6/2), m. enk. mørkere striber, kh. ), gråt (5y 5/2), kh.	Ma Te		
-44			130 LER, meget fedt, m. klp. (h2, leret, siltet, let, lysegråt (5y 7/2), m. enk. mørkere striber, kh. ), gråt (5y 4/1), kh.	Ma Te		
-45			131 LER, meget fedt, gråt (5y 4/1), kh.	Ma Te		
-46			132 LER, meget fedt, m. klp. (h2, leret, siltet, let, lysegråt (10gy 7/1), m. enk. mørkere striber, kh. ), gråbrunt (5y 5/2) m. mørkere pletter, st. kh.	Ma Te		
-47			133 LER, meget fedt, m. klp. (h2, leret, siltet, let, lysegråt (10y 7/1), m. enk. mørkere striber, st. kh. ), gråbrunt (5y 5/2), kh.	Ma Te		
-48			134 LER, meget fedt, m. klp. (h2, leret, siltet, let, lysegråt (10y 7/1), m. enk. mørkere striber, kh. ), gråbrunt (5y 5/2), kh.	Ma Te		
-49			135 LER, meget fedt, m. klp. (h2, leret, siltet, let, lysegråt (10y 7/1), m. enk. mørkere striber, kh. ), gråbrunt (5y 5/2) m. lysere part. (st. kh. ), sv. kh.	Ma Te		
-50			136 LER, meget fedt, m. klp. (h2, leret, siltet, let, lysegråt (10y 7/1), m. enk. mørkere striber, kh. ), gråbrunt (5y 5/2) m. lysere part. (st. kh. ), sv. kh.	Ma Te		
-51			137 LER, meget fedt, m. klp. (op til 8 - 10 cm i diameter, H2, leret, siltet, let, lysegråt (10y 7/1), m. enk. mørkere striber, kh. ), mørkegråt (5y 4/1) m. lysere part., sv. kh.	Ma Te		
-52			138 LER, meget fedt, m. klp. (h2, leret, siltet, let, lysegråt (10y 7/1), m. enk. mørkere striber, kh. ), gråt (5y 5/2), st. kh.	Ma Te		
-53			139 LER, meget fedt, m. enk. klp. (h2, leret, siltet, let, lysegråt (10y 7/1), m. enk. mørkere striber, kh. ), gråt (5y 5/2), st. kh.	Ma Te		
-54			140 LER, meget fedt, m. enk. klp. (h2, leret, siltet, let, lysegråt (10y 7/1), m. enk. mørkere striber, kh. ), gråt (5y 5/2) m. mørkere pletter, kh.	Ma Te		
-55			141 LER, meget fedt, m. enk. mørkere striber, kh. ), gråt (5y 5/2) m. grønne pletter, st. kh.	Ma Te		
-56			142 LER, meget fedt, m. enk. klp. (h2, leret, siltet, let, lysegråt (10y 7/1), m. enk. mørkere striber, kh. ), gråt (5y 5/2) m. mørkere pletter, sv. kh.	Ma Te		
-57			143 LER, meget fedt, m. klp. (h2, leret, siltet, let, gråhvidt (5y 8/1), m. enk. mørkere striber, kh. ), gråbrunt (5y 5/2) m. mørke og grønne pletter, kh.	Ma Te		
-58			144 LER, meget fedt, m. enk. klp. (h2, leret, siltet, let, gråhvidt (5y 8/1), m. enk. mørkere striber, kh. ), gråbrunt (5y 5/2) m. mørke og grønne pletter, kh.	Ma Te		
-59			145 LER, meget fedt, m. enk. klp. (h2, leret, siltet, let, gråhvidt (5y 8/1), m. enk. mørkere striber, kh. ), gråbrunt (5y 5/2) m. mørke pletter, kh.	Ma Te		
-60			146 LER, meget fedt, m. enk. klp. (h2, leret, siltet, let, gråhvidt (5y 8/1), m. enk. mørkere striber, sv. kh. ), gråbrunt (5y 5/2) m. mørke pletter, st. kh.	Ma Te		
-61			147 LER, meget fedt, m. klp. (h2, leret, siltet, let, gråhvidt (5y 8/1), m. enk. mørkere striber, kh. ), gråbrunt (5y 5/2) m. mørke og grønne pletter, kh.	Ma Te		
-62			148 LER, meget fedt, m. klp. (h2, leret, siltet, let, gråhvidt (5y 8/1), m. enk. mørkere striber, kh. ), gråbrunt (5y 5/2) m. mørke pletter, st. kh.	Ma Te		



