

# Jordprøver fra grundvandsboringer

Vejledning i udtagning, beskrivelse  
og geologisk tolkning i felten

Claus Ditlefsen, Jette Sørensen, Tom Martlev Pallesen,  
Dorthe Pedersen, Ole Bjørslev Nielsen,  
Christian Christiansen, Birgitte Hansen  
og Peter Gravesen

G E O - V E J L E D N I N G 1





GEO-VEJLEDNING 1

# **Jordprøver fra grundvandsboringer**

## Vejledning i udtagning, beskrivelse og geologisk tolkning i felten

Claus Ditlefsen, Jette Sørensen, Tom Martlev Pallesen, Dorthe Pedersen,  
Ole Bjørslev Nielsen, Christian Christiansen, Birgitte Hansen  
og Peter Gravesen

**Jordprøver fra grundvandsboringer**  
Geo-Vejledning 1

Særudgivelse

Omslag: Henrik Klinge  
Repro: GEUS  
Oplag: 150

Juli 2008  
Trykt: ISBN 978-87-7871-218-9  
www : ISBN 978-87-7871-224-0

Vejledningen kan hentes på nettet : [www.geus.dk](http://www.geus.dk)  
Pris (indbundet) : 200 kr.

© De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, GEUS  
Øster Voldgade 10  
DK-1350 København K  
Telefon: 38142000  
E-post: [geus@geus.dk](mailto:geus@geus.dk)

Udarbejdet i samarbejde med By- og Landskabsstyrelsen, Miljøministeriet.

# Indhold

<b>Indhold</b>	<b>3</b>
<b>Indledning</b>	<b>9</b>
<b>1. Boremetodernes betydning for prøve kvaliteten</b>	<b>11</b>
1.1 Tørboring .....	12
1.1.1 Slagboring (boring med sandspand).....	12
1.1.2 Rotationsboring (snegleboring).....	14
1.2 Skylleboring .....	15
1.2.1 Mejseltyper .....	16
1.2.2 Direkte skylleboring .....	19
1.2.3 Omvendt skylleboring .....	20
1.2.4 Lufthæveboring.....	20
1.2.5 Udtagning af kerneprøver fra skylleboringer .....	21
1.3 Trykluftboring.....	22
1.3.1 DTH boring .....	22
1.4 Valg af boremetode .....	24
<b>2. Udtagning af prøver</b>	<b>27</b>
2.1 Prøver udtaget fra tørboringer .....	27
2.1.1 Slagboring (boring med sandspand).....	27
2.1.2 Rotationsboring (snegleboring).....	28
2.2 Prøver udtaget fra skylleboringer.....	29
2.2.1 Anvendelse af sedimentfang .....	29
2.2.2 Indretning af sedimentfang .....	30
2.2.3 Prøvemængde og prøvetagningsfrekvens.....	35
<b>3. Prøvehåndtering</b>	<b>37</b>
3.1 Oplægning af prøver.....	37
3.2 Fotografering af prøver .....	39
3.3 Udtagning, emballering og mærkning af delprøver .....	40
3.3.1 Mærkning af prøver .....	41
3.3.2 Prøver til GEUS .....	41
3.3.3 Prøver til petrografiske analyser .....	41
3.3.4 Prøver til sedimentkemiske analyser .....	41
3.3.5 Prøver til andre undersøgelser .....	42
3.3.6 Transport af prøver.....	42
<b>4. Tilsyn med borearbejdet</b>	<b>43</b>
4.1 Fuldtidstilsyn.....	43
4.2 Dagsrapport.....	44

<b>5.</b>	<b>Prøvebeskrivelse</b>	<b>47</b>
5.1	Prøvebeskrivelsens opbygning .....	47
5.1.1	Klastiske sedimenter .....	48
5.1.2	Organiske sedimenter .....	59
5.1.3	Karbonatbjergarter .....	61
5.1.4	Grundfjeldsbjergarter .....	64
5.1.5	Angivelse af trivialbetegnelse .....	65
5.1.6	Retningslinier for tolkning af dannelsesmiljø og alder .....	66
5.2	Hjælpe midler ved prøvebeskrivelsen .....	69
5.3	Skema til prøvebeskrivelse .....	71
5.4	Kvalitetssikring af prøvebeskrivelserne .....	72
5.5	Indberetning af data fra grundvandsboringer .....	72
5.5.1	Den lovpligtige indberetning .....	72
5.5.2	Beskrivelse af prøver på GEUS .....	72
5.5.3	Indberetning af prøvebeskrivelser foretaget i felten .....	73
<b>6.</b>	<b>Typiske kendetegn for danske bjergarter og aflejringer</b>	<b>75</b>
6.1	Prækvarter bjergarter og aflejringer fra Bornholm .....	76
6.1.1	Prækambrium .....	77
6.1.2	Kambrium .....	77
6.1.3	Ordovicium .....	78
6.1.4	Silur .....	79
6.1.5	Trias .....	79
6.1.6	Jura .....	79
6.1.7	Nedre Kridt .....	80
6.1.8	Øvre Kridt .....	80
6.2	Aflejringer fra Kridt eksklusiv Bornholm .....	81
6.2.1	Øvre Kridt .....	81
6.3	Aflejringer fra Palæogen og Neogen (tertiærtiden) .....	82
6.3.1	Aflejringer fra Paleocæn og Eocæn .....	82
6.3.2	Aflejringer fra Oligocæn .....	86
6.3.3	Aflejringer fra Miocæn .....	86
6.4	Aflejringer fra Kvartærtiden .....	89
6.4.1	Glaciale aflejringer .....	89
6.4.2	Smeltevandsaflejringer .....	92
6.4.3	Interglaciale og interstadiale aflejringer .....	95
6.4.4	Senglaciale aflejringer .....	97
6.4.5	Postglaciale aflejringer .....	98
6.4.6	Recente aflejringer .....	102
<b>7.</b>	<b>Sammenfatning og anbefalinger</b>	<b>103</b>
<b>8.</b>	<b>Referencer</b>	<b>107</b>

<b>Appendiks 1: Bestemmelsesnøgle for palæogene bjergarter over Danienkalken</b>	<b>1</b>
<b>Appendiks 2: Lithologisk beskrivelse af palæogene aflejringer</b>	<b>1</b>
Danien Kalk Fm.....	2
Lellinge Grønsand Formation.....	2
Kerteminde Mergel Fm.....	3
Æbelø Formationen .....	4
Holmehus Formationen .....	4
Ølst Formationen.....	5
Røsnæs Ler Fm. ....	6
Lillebælt ler Fm.....	8
Søvind Mergel Fm.....	9
Viborg Formationen.....	10
Branden Ler Fm. ....	11
Vejle Fjord Formationen (nedre, lerede del).....	11
<b>Bilag1: Dagsrapport</b>	<b>1</b>
<b>Bilag 2: Prøvebeskrivelseskema</b>	<b>1</b>
<b>Bilag 3: Hjælpekemaer til prøvebeskrivelsen</b>	<b>1</b>

## Forord

Med Folketingets vedtagelse af tillæg til Vandforsyningsloven i 1998 blev det besluttet, at der over en årrække skulle foretages en nærmere kortlægning af grundvandsforekomsterne i Danmark med henblik på at beskytte disse for fremtiden. Kortlægningen blev i 2003 indbygget i Miljømålsloven, og blev indtil 2006 udført af de nu nedlagte amter. Opgaven videreføres nu af Statens Miljøcentre.

Som støtte for den nationale grundvandskortlægning udarbejder GEUS faglige vejledninger i forskellige aspekter af grundvandskortlægningen. Disse vejledninger udgives i en serie kaldet Geo-Vejledninger, og skal blandt andet kunne tjene som fagligt grundlag for de udbud af kortlægningsopgaver som miljøcentrene foretager.

Et vigtig led i grundvandskortlægningen er udførelse af undersøgelsesboringer. Formålet med disse boringer er at tilvejebringe den nødvendige forståelse for de geologiske, hydrauliske og geokemiske forhold ved den enkelte grundvandsforekomst. Gennem de seneste 10 års kortlægning er der opnået et stort erfaringsgrundlag ved tilsyn, prøvebeskrivelse og tolkning af geologien i disse boringer.

Nærværende Geo-Vejledning, der er den første i serien, sammenfatter erfaringerne med udtagning, beskrivelse og tolkning af jordprøver fra boringer til grundvandskortlægning, der i det følgende blot kaldes grundvandsboringer. Det er formålet, at vejledningen kan benyttes til at opnå et ensartet og solidt datagrundlag i den videre kortlægning f.eks. ved opstilling af geologiske, hydrostratigrafiske og hydrogeokemiske modeller.

Rapporten er udarbejdet i samarbejde med de statslige miljøcentre, og arbejdet er udført ved GEUS med deltagelse af ekspertise fra Århus Universitet, boreentreprenører og eksterne konsulenter.

Arbejdsgruppen har bestået af:

Ole Bjørslev Nielsen,	Geologisk Institut, Aarhus Universitet
Christian Christiansen,	Poul Christiansen A/S
Claus Ditlefsen,	GEUS (tidligere Orbicon)
Birgitte Hansen,	GEUS
Tom Martlev Pallesen,	Grontmij   Carl Bro (tidligere WaterTech)
Dorthe Pedersen,	GEUS
Jette Sørensen,	Rambøll

Endvidere har projektet nydt godt af faglig støtte fra en følgegruppe bestående af:

Jens Baumann	GEO
Åge Bonde	A. Højfeldt A/S
Karina Jensen	Miljøcenter Ribe
Tomas Brøker	Brøndborefirmaet Brøker
Morten Ejsing	WaterTech
Erling Fuglsang	Miljøcenter Århus
Peter Henriksen	Niras
Ole Dyrsoe Jensen	Miljøcenter Århus



Jeppe Jørgensen	Miljøcenter Ålborg
Per Misser	Miljøcenter Århus
Joakim Raben-Levetzau	Miljøcenter Roskilde
Ole Silkjær	Brøndboreruddannelsen og Orbicon
Peter Stockmarr	Grontmij   Carl Bro
Inga Sørensen	Vitus Bering, Horsens

Desuden har Gunnar Larsen, Miljøcenter Odense bidraget med konstruktive kommentarer til manuskriptet.

En særlig tak til geologerne Michael Jørgensen, Grontmij | Carl Bro og Rud Friborg, Haderslev Kommune, for at stille deres tidligere udarbejdede kursusmateriale til rådighed samt til Claus Heilmann-Clausen, Geologisk Institut, Aarhus Universitet, der har udarbejdet bestemmelsesnøglen i appendiks 1 og til Joachim Raben-Levetzau, Miljøcenter Roskilde, for at have bidraget ved beskrivelsen af sedimenterne i Lellinge Grønsand Formationen.



# Indledning

Boringer til kortlægning af grundvandsressourcerne, der i det følgende blot kaldes grundvandsboringer, udføres som regel med flere faglige formål. Ofte ønskes en tæt serie af gode jordprøver fra den gennemborede lagfølge til geologisk prøvebeskrivelse og tolkning samt i nogle tilfælde også til sedimentkemiske analyser. Samtidig ønskes ofte filtersætning i de vandførende lag med det formål at udtage vandprøver. Normalt er der også en økonomisk ramme, inden for hvilken den bedst mulige kortlægning skal foretages. Valg af boremetode må foregå under afvejning af disse forhold.

De bedste jordprøver vil uden tvivl opnås ved udførelse af kerneboringer, men på grund af de økonomiske hensyn vil der ofte blive benyttet boremetoder, der giver en mere begrænset prøve kvalitet. Under disse forhold er det vigtigt, at jordprøverne opbores så skånsomt og udtages så præcist og repræsentativt som muligt. Det er endvidere vigtigt at inddrage observationer om boreudstyret og borehastighed m.m. i beskrivelsen, for bedre at forstå prøvernes beskaffenhed og derved bedre kunne tolke deres alder og oprindelse. Da prøve kvaliteten fra grundvandsboringer endvidere kan variere gennem det enkelte borehul, er det bedst at beskrive og tolke prøverne på borestedet i tæt dialog med borefolkene, der kender til styrker og svagheder ved boregrej og sedimentfang. Derfor skal nærværende Geo-Vejledning ses som et supplement til den prøvebeskrivelse, der foretages ved Boreprøvelaboratoriet på GEUS.

I Geo-Vejledningen beskrives boremetoder, der er relevante ved grundvandskortlægning med særlig vægt på den prøve kvalitet, der kan opnås med de enkelte boremetoder. Væsentlige forhold ved udtagning af prøver fra sedimentfang, oplægning af prøveserier og udtagning af repræsentative delprøver til forskellige formål behandles. Særlige aspekter omkring prøvetagningsstrategi ved sedimentkemiske analyser ligger uden for denne vejlednings rammer og behandles derfor ikke detaljeret.

Inden for stort set alle aspekter af den anvendte geologi er det væsentligt at bjergartsprøver beskrives ensartet og systematisk. Dette gælder ikke mindst ved grundvandskortlægning. I Danmark er beskrivelse af jordprøver og tolkning af deres alder og dannelsesmiljø løbende udviklet i et samspil mellem geologi og geoteknik. I dag er det en veletableret fagdisciplin med faste regelsæt, der sikrer, at prøver beskrives og tolkes ensartet og derved bliver sammenlignelige. Dette regelsæt gennemgås, og der præsenteres forslag til prøvebeskrivelsesskemaer samt oversigtsfigurer, der kan benyttes som hjælp til at holde prøvebeskrivelsens disposition. Jordarter, der normalt træffes i grundvandsboringer, beskrives nærmere. Typiske kendetegn og forvekslingsmuligheder anføres. Endvidere beskrives hvordan de enkelte jordarter fremstår ved de mest anvendte boreteknikker.

Endelig præsenteres vejledningens konklusioner og anbefalinger i en sammenfatning.

Rapporten henvender sig primært til geologer og andre geologikyndige, der fører tilsyn og beskriver jordprøver ved grundvandsboringer. Der forudsættes derfor et grundlæggende kendskab til Danmarks geologi og geologisk prøvebeskrivelse.



# 1. Boremetodernes betydning for prøve kvaliteten

Forudsætningen for en god prøvebeskrivelse og tolkning af dannelsesmiljø og alder af boreprøver er, at prøve kvaliteten er så høj som mulig. Boringer udføres dog med mange forskellige formål og dermed også med mange forskellige boremetoder, og det er derfor nødvendigt, at prøvebeskriveren har kendskab til, hvordan de enkelte boremetoder indvirker på prøven. Denne vejledning indledes derfor i dette kapitel med en kort gennemgang af de enkelte boremetoder og den tilhørende prøve kvaliteten.

## Boremetoder

Boremetoderne opdeles overordnet i tre typer efter, hvordan det løsborede materiale transporteres fra boringens bund til terræn (Miljøministeriet, 2007).

- *Tørboringer:* Det løsborede materiale bringes op til terræn med boreværktøjet. Ofte tilsættes vand, dels for at stabilisere borehullet, dels fordi visse typer boreværktøjer kun kan fungere under vand.
- *Skylleboringer:* Det løsborede materiale bringes som cuttings (løsborede og sammenhængende klumper af sediment) op til terræn ved en væskestrøm.
- *Trykluftboringer:* Det løsborede materiale bringes som cuttings (løsborede og sammenhængende klumper af sediment) op til terræn ved en luftstrøm.

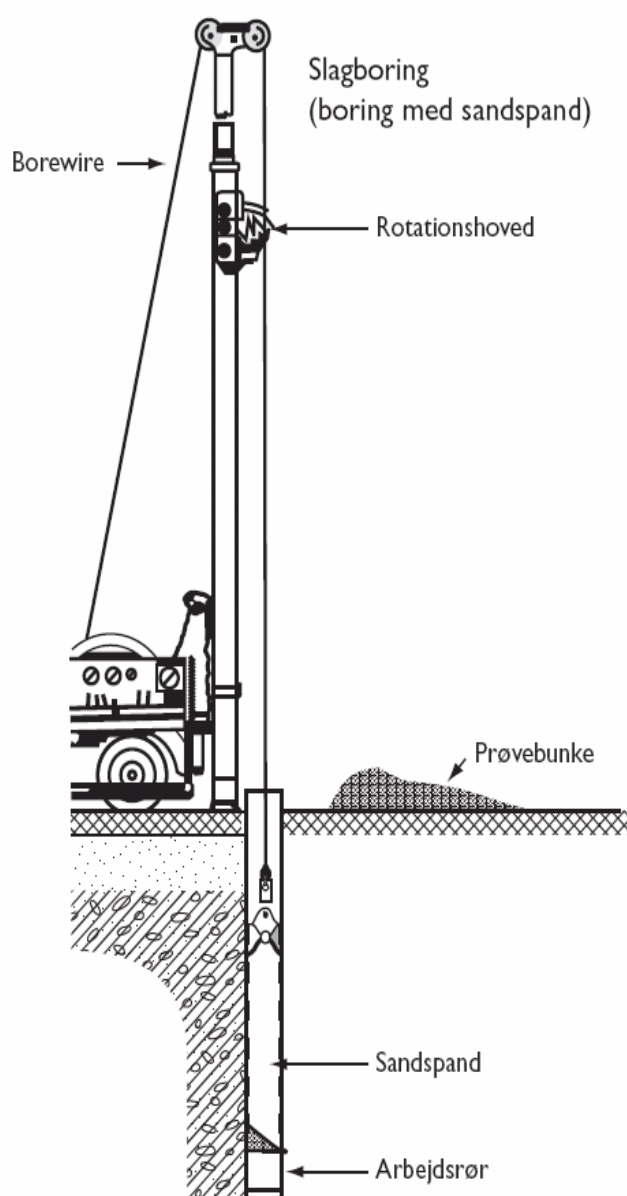
Hvilken boremetode, der anvendes, afhænger af; boringens formål, krav til prøvernes kvalitet, boringens diameter og dybde samt, om der skal bores over eller under grundvandsspejlet, se tabel 1.1.

For at forstå hvordan boremetoderne indvirker på prøvernes kvalitet, gennemgås principperne bag de enkelte boremetoder kort i afsnit 1.1 – 1.3. Der henvises til Miljøstyrelsens undervisningsserie for uddybende informationer om boremetode og borearbejde (Sørensen og Schmidt, 2001) samt til Glensvigs originale beskrivelse af boremetoder, (Glensvig, 1974). Forhold vedrørende korrekt udbygning og afpropning af boringer ligger uden for rammerne af denne vejledning. Der henvises her til Miljøministeriet (2007) og Baumann (1996).

## 1.1 Tørboring

Ved tørboringer bringes det løsborede materiale op til terræn med et boreværktøj. Der tilføjes dog ofte vand til en tørboring, enten fordi det pågældende boreværktøj kun fungerer under vand (f.eks. sandspand) eller for at sikre boringens stabilitet, (Sørensen & Schmidt, 2001).

### 1.1.1 Slagboring (boring med sandspand)



Boring med sandspand er en slagboring, hvor boreværktøjet er op-hængt i en wire og hæves op, for derefter at falde ned mod boringens bund, således at sedimentet løsnes alene ved værktøjets vægt, (Sørensen & Schmidt, 2001).

Slagboreteknikken er specielt velegnet til boring i løsjordsaflejringer samt i blødere bjergarter, men anvendes også til hårdere bjergarter som kalk og grundfjeld. Den var en meget udbredt metode i Danmark før snegle- og skylleboringsteknikkerne vandt indpas i løbet af 1970'erne, (Sørensen & Schmidt, 2001).

Den mest benyttede slagboring er boring med sandspand, hvor materialet presses ind i spanden, når den falder mod bunden, mens en klap eller kugleventil i bunden af spanden sikrer, at materialet ikke løber ud igen ved næste slag. I figur 1.1 ses en principskitse af en sandspandsboring, hvor et slagværk frembringer den bevægelse af wiren, der fører til slagene mod boringens bund. Billeder af arbejde med sandspand ses endvidere på figur 2.1.

Figur 1.1. Principskitse af boring med sandspand.

Forudsætningen for, at en sandspand virker, er, at borehullet er fyldt med vand, og ved boring over grundvandsspejlet skal der derfor tilsættes vand. Ved sandspandens opadgående bevægelse skabes et vakuum under spanden, som hvirvler løst materiale op. Det fanges ind i spanden ved næste nedadgående bevægelse. Når sandpanden er fuld, trækkes den op af borehullet og tømmes. Denne tømning foregår normalt ved at vende sandpanden rundt, så materialet kan løbe ud for oven, (Sørensen & Schmidt, 2001) og (Sørensen, 1998). Se endvidere figur 2.1.

### **Prøvekvalitet**

Ved en sandspandsboring blandes prøvematerialet for det interval, prøven er udtaget over. Ved boring i løse aflejringer betyder dette, at kornstørrelsesfordelingen i heterogene sedimenter ændres. Prøven er derfor ikke repræsentativ for de enkelte lag, der gennembøres, men er en blanding fra hele prøveintervallet. Sammenhængende sedimenter (ler, finkornet silt og hærdnede jordarter) kommer dog op i cuttings, hvor kornstørrelsesfordelingen er bevaret, (Jørgensen & Friborg, 1989).

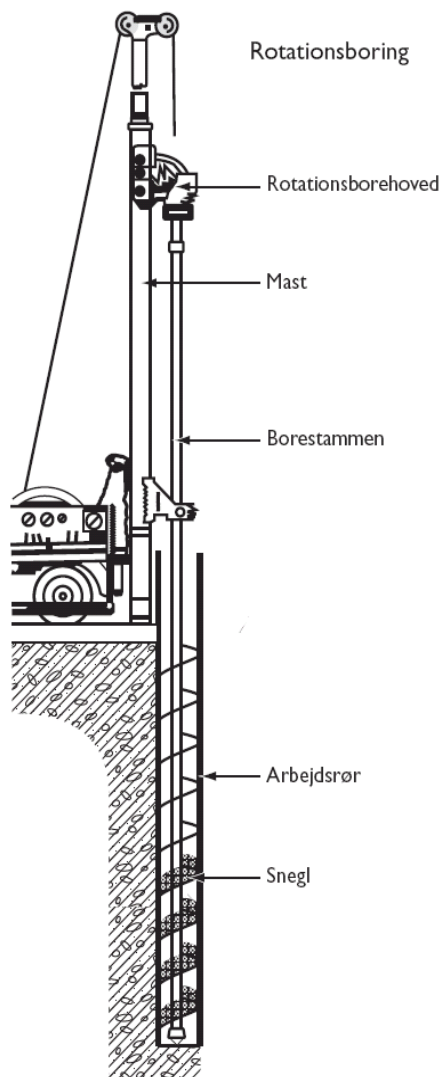
Laggrænser kan ikke fastlægges præcist, men blot indplaceres inden for det interval, der er blevet gennemboret. Boreformanden kan dog ofte under borearbejdet mærke skift i lithologi og bør notere dette på en log.

Det løsborede materiale stammer oftest fra boringens bund, men kan også være løsnet fra boringens væg i den nederste del, hvor forerøret ikke når ned. Et meget permeabelt og løst sediment kan derfor blive overrepræsenteret i prøven.

Boring med sandspand har den fordel frem for skylleboringerne, at der ikke anvendes boremudder i forbindelse med borearbejdet, men alene vand. Metoden er derfor velegnet til boringer, hvor der skal udtages prøver til sedimentkemiske analyse.

## 1.1.2 Rotationsboring (snegleboring)

Denne boremetode er den mest anvendte til kortere borer, specielt indenfor miljøteknik og geoteknik. I de terrænnære lag kan boringen udføres som håndboring, men hovedparten af borerne udføres med borerig – se fig. 1.2.



Princippet i en rotationsboring er, at et værktøj monteret på en borestamme under nedboring opsamler materiale. Borestammen trækkes op når prøvetageren er fyldt, (Sørensen & Schmidt, 2001) og (Sørensen, 1998). Det mest benyttede boreværktøj ved rotationsboringer er sneglebo-ret, hvor materialet under borearbejdet drejes op på sneglen og løftes op til terræn, når der er boret et stykke svarende til sneglens længde.

Sammenhængende materiale som ler og silt bringes let op til terræn, mens løse, såvel våde som tørre aflejringer let falder af sneglen. Ved optrækning af sneglen kan der etableres et vakuum under sneglen, således at borevæggen bliver ustabil. Denne effekt forstærkes under grundvandsspejlet, hvor der derfor ofte vil skulle benyttes forerør.

Snegleboringer kan teknisk set føres til dybder på mellem 60 og 70 m. Men af økonomiske årsager foretrækkes ofte andre metoder til dybe borer, idet alle borestænger ved rotationsboringer skal trækkes op, hver gang boreværktøjet skal tømmes for prøvemateriale.

Figur 1.2. Principskitse af boring med snegleboring.

### Prøvekvalitet

Prøvekvaliteten fra rotationsboringer er generelt god, idet der kun sker en mindre forstyrrelse af sedimentet og kun sker en meget beskedne sammenblanding af prøvemateriale. Laggrænserne kan ved boring i kohæsivt materiale derfor fastlægges præcist, ligesom meget tynde lag kan identificeres, se figur 2.2. Dette gælder særligt, hvis sneglens rotations-hastighed tilpasses nedboringshastigheden, så sneglen ikke trykkes, men skæres gennem sedimenterne.

Ved boring med snegl over grundvandsspejlet fås normalt prøver med intakt kornstørrelsesfordeling. Store sten vil dog ikke blive repræsenteret i prøverne. Enten stopper de borearbejdet, eller også skubbes de til side af boreredskaberne. I sjældne tilfælde må de sprænges bort. Lidt mindre sten kan blive underrepræsenteret i prøverne, idet de delvist



presses til side i boringen. Tørt sand og grus falder let af sneglen, således at prøvemængden bliver meget lille og ikke repræsentativ, (Jørgensen & Friborg, 1989).

Boring med snegl under grundvandsspejlet er kun velegnet i sammenhængende jordtyper. Sand under grundvandsspejlet er praktisk taget umuligt at få med op, selv ved forede boringer, da det flyder af sneglen. Her kan i stedet anvendes sandspand.

Det er ved rotationsboringer muligt at udtage intakte prøver i rør. Rørprøveudtagningen foregår ved at trække boret op, og herefter ramme et rør ned i bunden af boringen. Metoden anvendes næsten udelukkende i forbindelse med geotekniske boringer.

## 1.2 Skylleboring

I skylleboringer benyttes en væske (boremudder), dels til at bringe det løsborede materiale op til terræn, og dels til at stabilisere borevæggen. I modsætning til tørboringer skal borestængerne derfor ikke trækkes op for at få udtaget det løsborede materiale. Metoden er af den grund forholdsvis hurtig og effektiv og kan benyttes til store boreddybder. Den dybde, der kan bores til, afhænger primært af den løfteevne, det pågældende boregrej har.

En skylleboring holdes stabil dels ved hjælp af overtryk i boringen og dels ved at øge rumvægten af boremudderen. Et overtryk i boringen sikres ved at holde overfladen af boremudderen over vandstands niveauet i de omgivende jordlag. Dette sikres ved anvendelse af et skyllebassin med hydraulisk kontakt til boremudderen i boringen. Skyllebassinet er typisk delt af en tærskel, således at boremudderen løber ind i den første del af bassinet, hvor strømningshastigheden falder brat og de groveste partikler i det opslæmmede materiale sedimenterer. Herefter løber boremudderen over tærsklen og videre ned i boringen igen. Skyllebassiner etableres normalt i en udgravning på borepladsen, (se figur 2.3) men kan også etableres i én eller flere containere.

For at øge rumvægten af boremudderen tilsættes additiver (typisk bentonit). Ved tilsætning af additiver sikres det også, at boremudderenes viskositet er høj nok til at kunne transportere cuttings op til terræn. Der er dog en øvre grænse for, hvor høj viskositeten må blive, idet det ellers ikke er muligt at fjerne cuttings fra væsken. Omvendt vil en lavviskøs eller tung boremudder kunne trænge længere ud i permeable aflejringer, hvilket kan ødelægge boringens eventuelle fremtidige anvendelse som undersøgelses-, monitorings- eller vandforsyningsboring, (Sørensen & Schmidt, 2001). Boremudderen vil endvidere indgå i de udtagne prøver som en finkornet komponent, der ikke har relation til forholdene i jordlagene, (Jørgensen & Friborg, 1989).

Transporthastigheden for cuttings afhænger af form og vægt af de enkelte cuttings – jo mindre og lettere cuttings er – jo hurtigere transporteres de op til terræn. Der sker derfor en sortering af det løsborede materiale, således at de større og tungere cuttings bringes op til terræn senere end de mindre og lettere cuttings. Dette medfører en opblanding af materiale fra forskellige dybder, og graden af opblanding vil øges med dybden, blandt andet på grund af et øget tryk. Samtidig øges transporttiden med boreddybden, og de prøver, der på et givet tidspunkt observeres ved terræn, stammer derfor fra et højere beliggende niveau, end det

der bores i, når observationen sker, (Sørensen & Schmidt, 2001). Prøverne fra en skylleboring repræsenterer materiale udtaget over et interval, typisk 1 meter, og kan derfor ikke benyttes til en sikker fastlæggelse af laggrænser.

Grovkornet silt og finkornet sand samt i nogle tilfælde op til mellemkornet sand, vil let gå i opslæmning i boremudderet og derved tabes til sedimentationsbassinet, så det ikke altid blive repræsenteret i jordprøverne. Grovkornet sand, grus og sten vil indgå i nogenlunde korrekt forhold i prøverne. Store sten vil dog ikke blive repræsenteret, idet de dels skubbes til side af boreværktøjet, og dels ikke kan passere op gennem borestammen. De ovennævnte forhold betyder, at man fra et lag af grovkornet silt med sandlag typisk vil få en prøve bestående af sand, mens man fra et lag af grovkornet silt med lerlag typisk vil få en prøve domineret af ler. Normalt vil boremandskabet kunne redegøre for disse forhold, (Jørgensen og Friberg, 1989).

De tre mest almindelige skylleboringsteknikker, der anvendes i Danmark, er direkte skylning, omvendt skylning og lufthævemethoden. Ved den direkte skylning transporteres cuttings op til terræn langs borestammen og borevæggen, mens de ved den omvendte skylning og lufthævemethoden transporteres inde i borestammen. Dette medfører en forskel i prøve kvaliteten fra de tre typer boringer. De tre teknikker er nærmere beskrevet i afsnit 1.2.2 til 1.2.4.

Der er fra arbejdet med undersøgelsesboringer eksempler på, at prøverne fra en lufthævboring og en direkte skylleboring, udført på samme lokalitet, er forskellige, idet prøverne fra den direkte skylleboring er disintegrerede og sammenblandede, mens cuttings fra lufthævboringen i højere grad bringes op til terræn i forholdsvis intakt tilstand. Den bedre kvalitet fra lufthævboringer skyldes primært, at materiale bringes hurtigere op til terræn, og således ikke udsættes for samme grad af disintegration, samt at materialet transporteres i borestammen og ikke langs borevæggen.

Ved skylleboringer er det vigtigt, at boringen skylles rent for det sediment, der findes som svæv i boremudderet umiddelbart efter påsætning af ny borestang, inden der bores videre, sådan at der ikke sker prøvekontaminering, når borearbejdet genoptages.

### **1.2.1 Mejseltyper**

#### **Vingemejsel og rullemejsel**

Det er ikke kun selve skyllemethoden, som har betydning for prøve kvaliteten - en måske vigtigere faktor er den type mejsel, der benyttes ved borearbejdet. De mest anvendte mejseltyper er vingemejslen, der normalt løsborer større cuttings og rullemejslen, der nedknuser sedimentet og dermed kun løsborer små cuttings.

Et eksempel, på hvor stor betydning boreværktøjet kan have på prøve kvaliteten, ses på billederne i figur 1.3. De tre prøver er udtaget fra den samme enhed af moræneler i den samme lufthævboring, men med forskelligt boreværktøj. Prøven i figur 1.3a er udtaget med sneglebor i den øverste del af boringen, inden lufthæveteknikken blev sat i gang. Prøven i figur 1.3b er udtaget med vingemejsel, mens prøven i figur 1.3c er udtaget med rullemejsel. Den prøve, der er udtaget med sneglebor er af god kvalitet med velbevarede inter-

ne strukturer, mens prøven udtaget med vingemejsel har store, men omrørte cuttings. Ved gennemskæring af disse cuttings er det muligt at foretage en god beskrivelse og tolkning. Prøven udtaget med rullemejsel er derimod helt opknust, og der er kun ganske små cuttings i prøven. En så opknust prøve kan være meget svær og i visse tilfælde umulig at beskrive tilfredsstillende, og tolkningen kan kun foretages med støtte i borehulslogs. For nærmere beskrivelse af borehulslogging kan f.eks. henvises til Bai (1990).



*Figur 1.3a.  
Prøve udtaget med snegl.*



*Figur 1.3b.  
Prøve løsboret med vingemejsel i lufthæveboring.*



*Figur 1.3c.  
Prøve løsboret med rullemejsel i lufthæveboring.*

## Vingemejsel



Vingemejslen er beregnet til boring i bløde til middelhårde, homogene formationer. Den er forsynet med ét eller flere skær, der skræller materialet løs i bunden af boringen. Den er ikke egnet til boring i stenholdige løsjordsaflejringer, idet den ikke kan knuse stenene, men blot løsbore dem, (Sørensen & Schmidt, 2001).

Figur 1.4. Eksempel på vinge-mejsel. Foto: Jette Sørensen

Ved boring med vingemejsel kan der løsbøres store cuttings fra sammenhængende og finkornede aflejringer af silt og ler, hvilket stiller store krav til strømningshastigheden og viskositeten af boremudderet.

## Rullemejsel

Rullemejslen er beregnet til boring i middelhårde og hårde formationer, hvor den knuser sedimentet. Den anvendes dog også ofte i bløde aflejringer samt i inhomogene formations typer, (Jørgensen og Friborg, 1989).



Rullemejslen indeholder typisk 3 ruller med tænder af hårdt metal. Når mejslen roterer i borehullet vil rullerne rotere om deres egen akse, og hele borehullets tværsnitsareal vil derfor blive påvirket af tænderne på rullerne, (Sørensen & Schmidt, 2001). Disse tænder kan enten nå tæt sammen under rotationen, hvilket medfører at materialet stort set vil knuses helt, eller der kan også være lidt større afstand tænderne, hvorved materialet knuses ned til mindre cuttings. Der kan således ved brug af rullemejsel i finkornede aflejringer frembringes små cuttings af en acceptabel kvalitet. Oftest vil sedimentet dog knuses så kraftigt op, at det kan være svært at foretage en beskrivelse af lithologi og tolkning af dannelsesmiljø og alder.

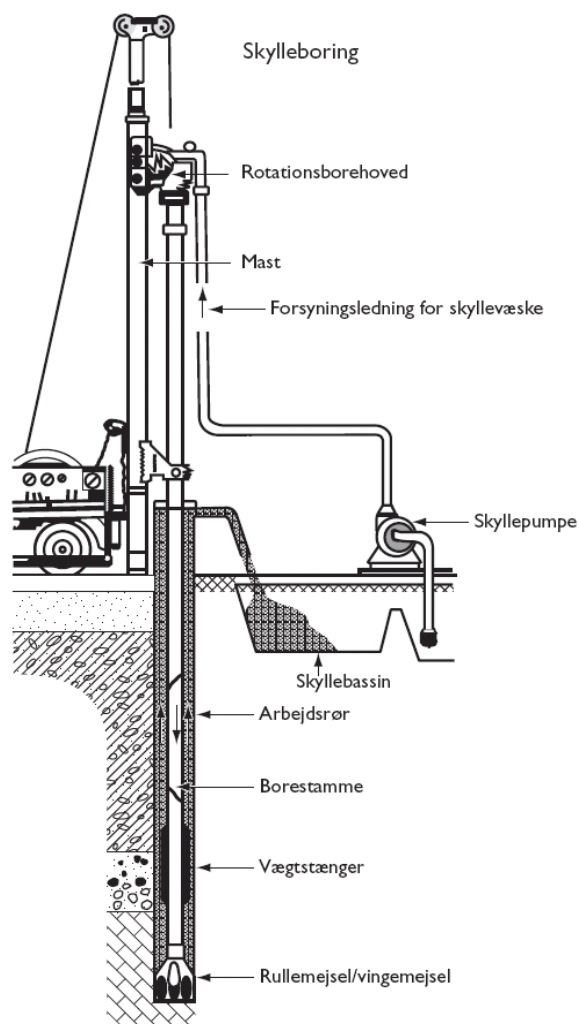
Figur 1.5. Eksempel på rullemejsel. Foto: Tom Martlev Pallesen.

Erfaringsmæssigt vil brøndboreren ved skift til rullemejsel i en boring, fortsætte med denne mejsel i resten af boringen, idet hele borestammen ellers skal trækkes op, for atter at skifte til vingemejsel. Dette betyder, at mange boringer rutinemæssigt udføres med rullemejsel, med mindre udbyderen af borearbejdet udtrykkeligt har udtrykt ønske om brug af vingemejsel.

Hvis der af boretekniske grunde må skiftes til rullemejsel anbefales det, at der skiftes tilbage til vingemejsel, hvis der igen træffes lerede sedimenter, hvor den kan benyttes. Et sådan skift vil betyde ekstra arbejde for boreentreprenøren, og det anbefales, at der i udbud af borearbejdet bedes om tillægspriser for ekstra skift af mejsler. Ud fra forventningerne til hvilke sedimenter, der vil blive truffet, kan det i den konkrete situation vurderes om skift af mejsel er indsatsen værd.

## 1.2.2 Direkte skylleboring

I en direkte skylleboring pumpes boremudder ned i boringen inden i borestammen, og bringer løsborede cuttings op til terræn i ringvolumenet mellem borestammen og borevæggen, (Jørgensen & Friberg, 1989). Den direkte skylleboring anvendes hovedsagligt til vandforsyningsboringer og markvandingsboringer.



### Prøvekvalitet

Den væskestrøm, der skal transportere cuttings op til terræn i den direkte skylleboring er langsommere sammenlignet med den omvendte skylleboring og lufthæveboringen. Det skyldes det større gennemstrømningsareal. Der er derfor også større risiko for udvaskning, sortering og opblanding af cuttings på vej op gennem hulrummet mellem borevæg og borestamme, (Sørensen & Schmidt, 2001).

Der er endvidere en stor risiko for sammenblanding af cuttings og materiale, der rives løs fra borevæggen. Prøver fra direkte skylleboringer er derfor ikke altid egnede til stratigrafiske analyser.

Ved direkte skylleboringer er fastlæggelsen af laggrænser meget usikker pga. graden af sammenblanding, sortering og udvaskning i boremudderet.

Figur 1.6. Principskitse af en direkte skylleboring.

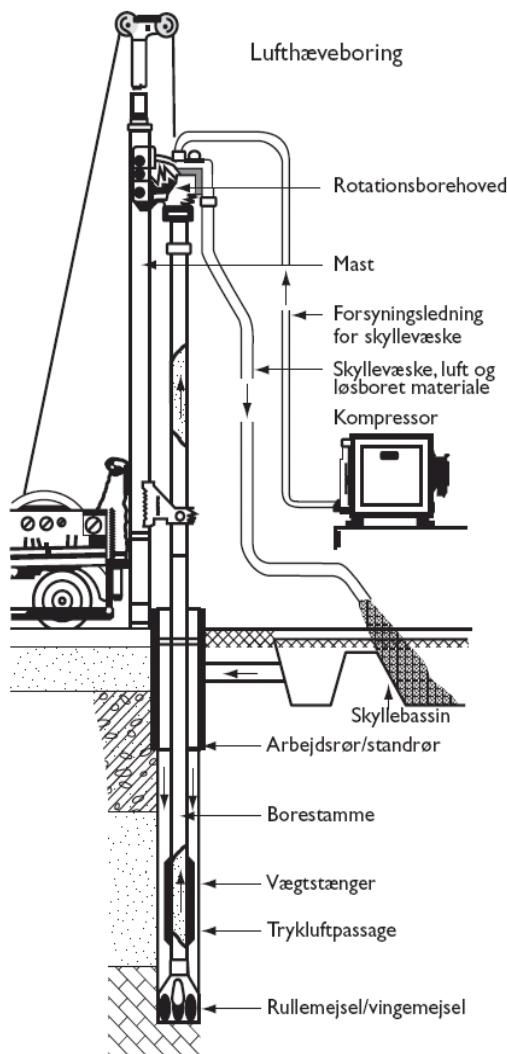
### 1.2.3 Omvendt skylleboring

Ved den omvendte skylleboring vendes strømningsretningen på boremudderet, således at det strømmer ned i ringvolumen mellem borevæggen og borestammen, mens prøvematerialet bliver pumpet op inden i borestammen, (Sørensen & Schmidt, 2001).

#### Prøve kvalitet

Da tværsnittet i borestammen er lille, opnås her en større strømningshastighed end ved transport langs borevæg og borestamme. Cuttings bringes derfor hurtigere op til terræn, og der sker ikke samme grad af udvaskning, sortering og opblanding som ved den direkte skylleboring. Den langsomme transport ned langs borevæg og borestamme sikrer også, at der sker minimal erosion af borevæggen. Prøverne fra omvendte skylleboringer bliver rimeligt repræsentative, og laggrænserne forholdsvis velbestemte.

### 1.2.4 Lufthæveboring



Lufthæveboringen er den mest anvendte metode ved udførelse af undersøgelsesboringer og vandforsyningsboringer. Metoden er baseret på, at der injiceres luft til boremudderet nederst i borestammen, således at dets rumvægt mindskes. Pga. den lavere vægtfylde opnås en kraftig opdrift og dermed en hurtig opadrettet strømning af boremudder og opboret materiale inden i borestængerne og en nedadrettet strømning af boremudder fra mudderbassinet langs borehulsvæg og borestamme. Strømningshastigheden styres af den luftmængde, der tilføres pr. tidsenhed, og er som hovedregel højere end ved direkte skylleboringer, (Jørgensen & Friborg, 1989).

#### Prøve kvalitet

Den relativt høje strømningshastighed af boremudder og cuttings i borestammen betyder, at der ikke sker den samme grad af udvaskning, opblanding og sortering af materiale som ved den direkte skylleboring. Cuttings er derfor rimeligt repræsentative for de gennemborede aflejringer, og laggrænserne kan fastlægges relativt inden for det interval, den pågældende prøve stammer fra.

Figur 1.7. Principskitse af en lufthæveboring.

Den øverste del af boringen udføres oftest med snegl, idet lufthæveteknikken først vil virke, når der er en vandsøjle i boringen på 6-8 m. Det betyder, at prøve kvaliteten fra toppen af en sådan boring ofte er god. Fra det niveau hvor lufthæveboringen startes vil prøve kvaliteten derimod oftest være dårlig, således at der fra de første 5-10 m boret med lufthæveteknikken, fås relativt dårlige prøver. Herunder vil lufthæveprincippet begynde at fungere normalt, og prøverne vil blive forholdsvis gode.

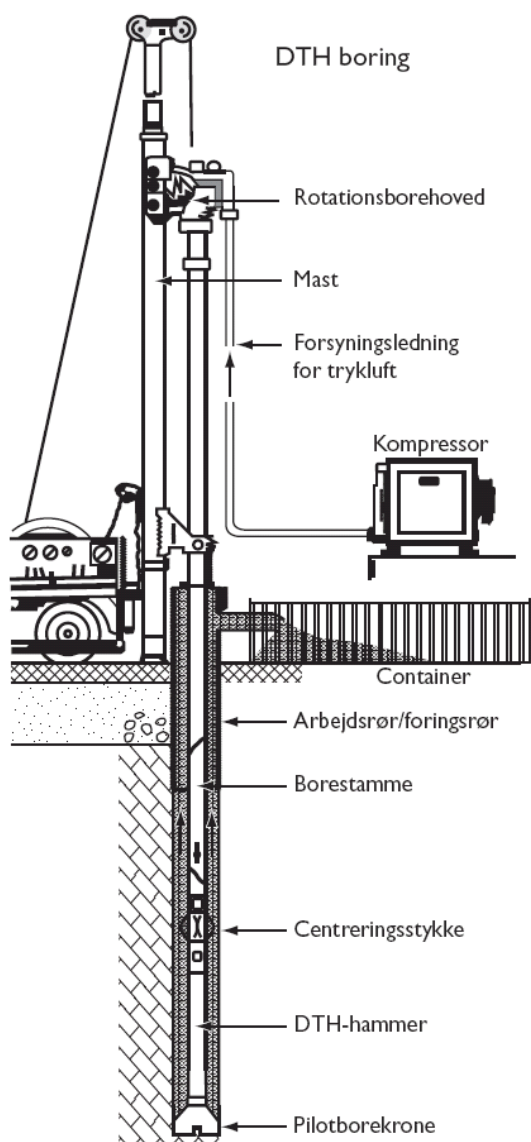
### **1.2.5 Udtagning af kerneprøver fra skylleboringer**

Det er med visse borerigge muligt at udtage kerneprøver fra skylleboringer. Kerneprøvetagningen kan enten foretages ved at nedsænke prøvetagningsudstyret inde i borestammen eller ved at trække borestammen op og herefter nedsænke prøvetagningsudstyret.

Typisk udtages kerneprøverne i et PVC rør, der er fastgjort i prøvetagningsudstyret. En ventil i bunden skal sikre, at materiale fastholdes i røret. Ved boring i løse bjergarter kan det dog være vanskeligt at fastholde prøvematerialet i røret og metoden egner sig derfor bedst til kerneudtagning i lerede og siltede aflejringer samt i kalk.

Ved kerneprøvetagning fås normalt intakte prøver, og dermed også en forholdsvis sikker fastlæggelse af laggrænser. Det er ved udtagning af PVC røret fra prøveoptageren dog vigtigt at få markeret, hvad der er op og ned på prøven. Ved prøveudtagning til luminescens datering er det endvidere vigtigt straks at få afproppet rørene, så sedimentet ikke får lys. Påregner man, at der ved et borearbejde skal udtages kerneprøver, bør der i udbudsmaterialet specifikt bedes om tillægspriser på sådanne.

## 1.3 Trykluftboring



Figur 1.8. Principskitse af en DTH boring.

Metoden benyttes desuden på forureningsprojekter, idet der ikke anvendes boremudder, og fordi DTH boringen er billigere end de traditionelle tørboringsmetoder, (Miljøministeriet, 2007).

Ved en DTH boring er der over selve borekronen monteret en DTH hammer, der ved hjælp af et trykluftstempel bringes til at slå på borekronens skaft (se figur 1.8). Borekronens rotation bevirker, at de hårdmetalstifter, der er monteret på borekronen, slår imod formationen, og opknuser den i kontaktpunkterne. En DTH borekrone ses på figur 1.9.

På selve borekronen er der monteret luftkanaler, hvor den luft, der er brugt til at bevæge hammeren, blæses ud og renblæser borehullets bund samt løfter cuttings op til terræn,

Trykluftboringen er en speciel form for rotationsskylleboring, hvor skylningen sker med luft i stedet for boremudder. Metoden virker ved at borekronen ved hjælp af et stempel påføres en op- og nedadgående bevægelse frembragt ved trykluft. Herved løsblås og opknuses materialet i bunden af boringen. Når tryklufften har passeret stemplet føres luften ud af borekronen og blæser de løsbo-rede cuttings væk fra boringens bund og op langs borestammen til terræn, (Miljøministeriet, 2007). Trykluftboring benyttes i hårde bjergarter bl.a. på Bornholm og Sjælland.

Den mest anvendte trykluftboring i Danmark er DTH boringen, og denne metode skal derfor omtales nærmere.

### 1.3.1 DTH boring

DTH boringen ("Down-the-hole" drilling) anvendes i Danmark til boringer i kalk- og flintaflejringer samt i de hårde grundfjelds-bjergarter på Bornholm.

Metoden anvendes til undersøgelsesformål, hvor der ikke er krav om intakte prøver, samt til vandforsyningsboringer og boringer til grundvandssænkning.



(Miljøministeriet, 2007). For at blæse materialet væk fra bunden af boringen, løftes borekronen en smule, hvorved luften passerer ud og medtager de løsborede cuttings.



Figur 1.9. DTH borekrone med hårdmetalstifter.  
GEO-Aarsleff JV. Foto: Jette Sørensen



Figur 1.10. Prøve fra DTH boring i kalk og flint.  
GEO-Aarsleff JV. Foto: Jette Sørensen

### **Prøvekvalitet**

Ved en DTH boring vil skylleluften forholdsvis hurtigt bringe det opborede materiale op til terræn, og der fås dermed en rimelig præcis dybdeangivelse af laggrænser. Den hurtige transport til terræn bevirker også, at der kun sker minimal opblanding af materiale fra flere niveauer, og prøverne vil derfor være forholdsvis repræsentative for det interval, der bores i, (Miljøministeriet, 2007). Metoden er imidlertid ikke velegnet til at bore i tykke lerlag.

Borekronens slag og rotation vil bevirke, at prøverne er meget opknuste (se figur 1.9). Da metoden overvejende benyttes i hårde bjergarter fås dog flere rimeligt pæne cuttings, selv om de ofte er små.

Normalt vil der ved boring gennem løse aflejringer over kalken eller grundfjeldet nedrammes et forerør samtidig med borearbejdets udførelse. Det er derfor muligt også at få udtaget prøver fra denne del af lagserien. Større partikler vil dog nedknuces og prøverne fra denne del af lagserien er derfor dårlige.

Borekronen tilsættes p.t. løbende en biologisk nedbrydelig olie, og metoden er derfor mindre egnet til boringer, hvorfra der skal udtages prøver til vand- eller sedimentkemiske analyser.

## 1.4 Valg af boremetode

Det rigtige valg af boremetode afhænger dels af formålene med boringen dels af den forventede boreddybde. I forbindelse med kortlægning af grundvandsressourcerne udføres der overvejende boringer med følgende formål;

- *Geologisk prøvebeskrivelse (GP)*: Når det primære formål med en boring er den geologiske prøvebeskrivelse samt eventuelt at få udtaget prøver til stratigrafiske analyser, er det vigtigt at der sikres en så god prøve kvalitet som muligt. I forbindelse med videnskabelige undersøgelser, hvor det er vigtigt at få detaljerede stratigrafiske oplysninger, benyttes ofte kerneprøvetagning. For korte videnskabelige boringer kan dog også benyttes sneglebor. Til de typiske undersøgelsesboringer, hvor målet dels er en god geologisk beskrivelse, og dels er filtersætning, benyttes oftest lufthævemetoden, idet det er den skylleboringsteknik, der sikrer de bedste prøver.
- *Sedimentkemiske analyser (SA)*: Såfremt det primære formål med en boring er at få udtaget prøver til sedimentkemiske analyser for reduktionskapacitet m.m., er det vigtigt, at der ikke anvendes boremudder, men at boringen alene tilsættes vand, (GEUS, 2004). Dette krav kan opfyldes med forede snegleboringer samt ved boring med sandspand. Ved boreddybder over 40-50 m kan det af praktiske og økonomiske grunde være nødvendigt at anvende lufthævboring, men man skal her være opmærksom på boremudders eventuelle påvirkning af prøven.
- *Filtersætning til vandprøvetagning og pejling (FVP)*: Nogle boringer udføres med det primære formål, at få udtaget vandprøver og pejlet grundvandsspejlet. Oftest vil der dog også her være fokus på prøve kvaliteten, og den mest anvendte boremetode til denne type undersøgelsesboring vil være lufthævemetoden.
- *Filtersætning til prøvepumpning med stor ydelse (FPY)*: Enkelte boringer udføres med det primære formål, at få indsamlet hydrauliske data gennem prøvepumpning og pejling. Såfremt prøvebeskrivelsen kun er af sekundær betydning, kan sådanne boringer udføres som direkte eller omvendte skylleboringer, men oftest vil en geologisk beskrivelse også være påkrævet, og lufthævemetoden foretrækkes.

I tabel 1.1 ses en sammenstilling af boremetoder samt boringsformål ved udførelse af grundvandsboringer. Tabellen er delvist baseret på Miljøministeriets bekendtgørelse om udførelse og sløjfning af boringer og brønde på land, (Miljøministeriet, 2007).

Boremetode		Prøvetagning	Anbefalet til	Borevæske	Typisk boreddybde	Typisk dimension	Borekrone / foring	Prøve-kvalitet
Tørboring	Slagboring	Sandspand	SA, FVP, FPY	Vand	30-50 m (max. 150 m)	8" - 16"	-	5A
	Rotationsboring	Snegl	GP, SA, FVP	-	0 - 30 m (max. 60-70 m)	3" - 12"	Med forerør	2
							Uden forerør	3
Skylleboring	Direkte skylning	Cuttings/ løst materiale	FVP, FPY	Boremudder	0- 200 m (max. 500 m)	6" - 12"	Vinge-mejsel	6A
							Rulle-mejsel	6B
	Omvendt skylning	Cuttings/ løst materiale	FVP, FPY	Boremudder	0- 200 m (max. 500 m)	6" - 12"	Vinge-mejsel	4A
							Rulle-mejsel	4B
	Lufthæveboring	Cuttings/ løst materiale	GP, FVP, FPY, (SA)	Boremudder	20- 200 m (max. 500 m)	10" - 20"	Vinge-mejsel	4A
							Rulle-mejsel	4B
Trykluftboring	DTH boring	Cuttings/ løst materiale	(GP), FVP, FPY	Luft og vand	Op til 150 m	3" - 20"	DTH hammer	7
Kerneboring		Kerner	GP, SA	-			Skærekrone	1

Tabel 1.1. Oversigt over de boremetoder, der primært anvendes til grundvandsboringer. Delvist efter Miljøministeriet, 2007. Betegnelsen "cuttings" bruges om klumper af løsboret materiale fra lerede og siltede aflejringer. Fra løse aflejringer fås løst prøvemateriale.

#### Anbefalet til

- Geologisk prøvebeskrivelse (GP)
- Sedimentkemiske analyser (SA)
- Filtersætning til vandprøvetagning og pejling (FVP)
- Filtersætning til prøvepumpning med stor ydelse (FPY)

#### Prøve-kvalitet

1. Prøve intakt med hensyn til laggrænser og kornfordeling.
2. Prøve er omrørt. Kornfordeling intakt. Risiko for udvaskning af fine partikler og tab af løst materiale under grundvandsspejlet. Anvendes ikke boremudder, derfor velegnet til udtagning af prøver til redoxkemiske analyser.
3. Prøve er omrørt. Noget usikker prøvetagningsdybde. Risiko for udvaskning af fine partikler og tab af løst materiale under grundvandsspejlet. Anvendes ikke boremudder, derfor velegnet til udtagning af prøver til redoxkemiske analyser.
4. Prøve er kraftigt omrørt og udvasket for fine partikler. Noget usikker prøvetagningsdybde.
5. Prøve er kraftigt omrørt. Usikker prøvetagningsdybde. Risiko for krydskontaminering. Anvendes ikke boremudder, derfor velegnet til udtagning af prøver til redoxkemiske analyser.
6. Prøve er kraftigt omrørt og udvasket for fine partikler. Usikker prøvetagningsdybde. Risiko for krydskontaminering.
7. Prøve er kraftigt opknust (hårde bjergarter) eller stærkt omrørt og udvasket for fine partikler (bløde og løse bjergarter). Let usikker prøvetagningsdybde.

#### Cuttings

- A. Gode cuttings fra ler- og siltaflejringer.
- B. Dårlige cuttings fra ler- og siltaflejringer



## 2. Udtagning af prøver

Når en boreprøve bringes op til terræn, skal det ved prøveudtagningen sikres, at der opnås den bedst mulige prøve kvalitet. Prøveudtagningen afhænger af boremetoden, idet prøver fra tørboringer bringes op til terræn med selve boreværktøjet, mens de ved skylleboringer bringes op til terræn i boremudderet, og derfor skal separeres herfra. Selve prøvetagningen er en subjektiv fysisk handling, hvor prøveudtageren vælger hvilken del af prøvemængden, der skal udtages. Det er derfor vigtigt at sikre, at der i denne proces ikke introduceres fejl ved en ubevidst sortering af prøven eller fravælgelse af dele af prøvematerialet.

For at kunne udføre en optimal prøvebeskrivelse, er det vigtigt at prøvebeskriveren gør sig klart, hvilke forhold, der har haft indvirkning på kvaliteten af de prøver, der skal beskrives. Foruden selve boremetoden og valg af borekrone, har en række forhold ved prøveudtagningen og den efterfølgende prøvebehandling stor betydning for prøve kvaliteten. I dette kapitel behandles prøveudtagningen ved de forskellige boremetoder.

### 2.1 Prøver udtaget fra tørboringer

Ved tørboringer, hvor prøvematerialet bringes op til terræn med selve boreværktøjet, sker prøveudtagningen ved at frigøre prøvematerialet herfra. Ved opstillinger hvor der anvendes snegle og sandspandsboringer, er borepladsen derfor forholdsvis simpelt indrettet. Ved snegleboringer tages prøverne direkte fra sneglen og lægges på fiberdug. Ved sandspandsboringer hældes prøvematerialet ud af sandspanden og lægges op på fiberdug.

#### 2.1.1 Slagboring (boring med sandspand)

Sandspanden bringes op til terræn og tømmes ofte blot ud på jorden (se figur 2.1). Da sandspanden kan indeholde en betydelig prøvemængde, og materialet sorteres kraftigt ved tømning af spanden, kan det være svært at få udtaget en repræsentativ delprøve. Dette kan dog afhjælpes ved at bore med kortere prøvetagningsintervaller.



Figur 2.1a Tømning af sandspand. Foto: Jens Baumann, GEO.



Figur 2.1b Inspektion af prøve fra sandspand Foto: Per Misser, Miljøcenter Århus.

Århus Amt igangsatte i 2005 forsøg med repræsentativ sedimentprøvetagning efter den statistiske metode TOS (Theory of Sampling) i en opstilling, hvor sandspanden tømmes ned i en stor beholder og her omrøres og homogeniseres. Ved hjælp af en sedimentdeleer kan der herefter udtages en mindre delprøve, som er repræsentativ for det gennemborede interval. Metoden er nærmere beskrevet af Wium og Hansen (2006) og Århus Amt (2006).

### 2.1.2 Rotationsboring (snegleboring)

Snegleboringer giver i princippet én lang, næsten uforstyrret jordprøve, hvor prøvetageren frit kan vælge niveau og interval for den jordprøve, der ønskes udtaget (se figur 2.2). Er der behov for at udtage store prøvemængder, vil der selvfølgelig være en naturlig grænse for, hvor korte intervaller prøverne kan tages inden for. Her er boringens dimension af stor betydning. Således giver en Ø100 mm boring i teorien op til 15 kg prøvemateriale pr. boremeter, mens en Ø350 mm boring giver mellem 165 og 220 kg prøvemateriale pr. boremeter. Tab af prøvemateriale i forbindelse med boreprocessen og prøveopsamling er generelt små for disse boremetoder.

Sammenhængende prøver vrides eller skæres af boret, mens løse sedimenter kan udtages med hånden eller en murerske. Sammenhængende sedimenter som f.eks. ler, renses på alle kontaktflader. Der opnås her en god prøve kvalitet, hvor selv små strukturer og tynde lag kan identificeres. Det er dog vigtigt at være opmærksom på, at aflejringerne kan blive vredet i forbindelse med borets rotation, hvorved kunstige "småskalastrukturer" kan være dannet.



*Figur 2.2.  
Prøvemateriale på  
sneglebor.*

*Bemærk at man  
nederst på sneglen kan  
se et redoxbetinget  
farveskift.*

*Foto: Inga Sørensen.*

## 2.2 Prøver udtaget fra skylleboringer

Ved skylleboringer transporteres prøven op til terræn i boremudderet, og skal derfor separeres herfra. Denne separation sker i et sedimentfang, hvor boremudderet ledes igennem. Indretningen af borepladsen i forbindelse med skylleboringer er derfor mere pladskrævende end ved tørboringer. Foruden det forhold at borerig og borestænger ofte er af større dimensioner og dermed fylder mere, skal der også afsættes plads til både skyllebassin og sedimentfang samt en vandtank. Et eksempel på indretning af en boreplads kan ses i figur 2.3.



*Figur 2.3. Indretning af boreplads ved skylleboring med lufthæve-metoden.*

*Foto: Tom Martlev Pallesen*

### 2.2.1 Anvendelse af sedimentfang

Sedimentfanget kan være udformet på forskellige måder, men fælles for dem alle er, at de skal tilbageholde en repræsentativ delprøve for et givet dybdeinterval. Det er ikke praktisk muligt at tilbageholde alt det opborede materiale. Dels ville borepladsen fyldes med opboret materiale, dels går en del af prøvematerialet i suspension og cirkulerer i større eller mindre grad med boremudderet, hvorfra størstedelen bundfældes i skyllebassinet. For hver meter lagserie der gennembøres med f.eks. en 350 mm borekrone, løsnes og transporteres ca. 0,1 m<sup>3</sup> jord svarende til omkring 165 - 220 kg, jf. afsnit 2.1.2.

Såvel sedimentation af prøvemateriale i sedimentfang som udtagning af prøve herfra fører til en yderligere sortering af det løsborede materiale. Foruden indretningen af sedimentfanget, afhænger prøvens sammensætning også i høj grad af, hvor erfaren den pågældende prøveudtager er.

Under transporten af det løsborede prøvemateriale op gennem borestammen optages især finsand og groft silt i boremudderet. Disse kornstørrelsesfraktioner når kun i varierende

grad at sedimentere i sedimentfanget. Jo højere densitet og viskositet boremudderet har, jo mindre vil sedimentationen være.

I et pilotforsøg blev der udtaget samtidige prøver af boremudder ved overløb fra sedimentfang og af de sedimentter, der blev gennemboret, (Sørensen et al., 2004). Forsøget viste bl.a., at der ved boring i sand, mistes både finsand og mellemkornet sand fra sedimentfanget til skyllebassinet, mens der ved boring i moræneler kun mistes det finkornede materiale, der i forvejen er opslæmmet i boremudderet. Det blev desuden vist, at jo højere hastighed og turbulens, der var i sedimentfanget, jo mere materiale og jo flere kornstørrelsesfraktioner, blev der mistet til skyllebassinet.

Prøvebeskriveren skal i forbindelse med anvendelse af sedimentfang være opmærksom på følgende forhold;

- Indretningen og typen af sedimentfang: Der er stor forskel på, hvor meget prøvemateriale, og hvilke kornstørrelsesfraktioner, de enkelte sedimentfang tilbageholder.
- Graden af oprensning mellem hver prøveudtagning: Det er vigtigt at sikre sig, at sedimentfanget renses ordentligt, så der ikke sker sammenblanding af prøvemateriale.
- Hastighed og turbulens af boremudderet i sedimentfanget: Fra sedimentfanget tabes der mere materiale til skyllebassinet jo højere hastighed og turbulens bliver.
- Sortering i den spand prøven opsamles i.

### **2.2.2 Indretning af sedimentfang**

Der findes ingen standarder for, hvordan et sedimentfang skal være udformet, og derfor har brøndborerne udviklet forskellige systemer. Disse sedimentfang er overordnet konstrueret efter principper, der er kompromiser mellem ønsket om en passende mængde gode og repræsentative delprøver, en passende prøvfrekvens ned gennem lagserien, og så høj en borehastighed som muligt. Desuden skal sedimentfangene kunne indpasses i brøndborens øvrige opstilling på pladsen.

Sedimentfangene er overordnet baseret på, at det løsborede materiale bundfældes/sedimenteres alene ved hjælp af tyngdekraften. Ved de anvendte sedimentfang føres boremudder med løsboret materiale via en tyk slange fra borestammen til indgangen af sedimentfanget. Materialet kan enten tilbageholdes i sedimentfangene eller ledes direkte i skyllebassinet (se figur 2.3).

Overordnet er de mest almindelige typer sedimentfang bygget op omkring en sliske, en kasse eller en tragt, se nedenstående.

Et fælles problem ved sedimentfangene ligger i processen med at separere de fine kornstørrelsesfraktioner fra boremudderet. For at boreprocessen skal kunne fungere skal bore-



mudderet cirkulere med en vis hastighed og viskositeten skal være forholdsvis høj. Tyngdekraft og flow i afløbsslangen fra boreriggen fører uundgåeligt til en sortering allerede på vej til sedimentfanget. Desuden er turbulens og opholdstid i selve sedimentfanget en afgørende faktor for kvaliteten af den prøve, der bliver udtaget. Endelig er sammensætningen af den aflejring, der bores i, af stor betydning for prøvekvaliteten i. Effekten af de enkelte faktorer kan imidlertid være vanskelig at adskille, og der er et klart behov for nærmere at undersøge dette med henblik på at finde måder at forbedre prøvekvaliteten. Uden tvivl er sedimentfangene et af de områder, hvor der vil kunne forbedres på prøvekvaliteten. Ved nye konstruktioner skal der dog også tages hensyn til brøndborerens arbejdsgang under borearbejdet og til evt. øget tidsforbrug og økonomi.

I det følgende gennemgås de tre typer af sedimentfang, der p.t. overvejende anvendes. Forfatterne til denne vejledning har på det foreliggende grundlag valgt ikke at tage stilling til, om en type sedimentfang er bedre end en anden. I stedet opridses en række fordele og ulemper ved hver enkelt type.

### **Sedimentfang med kasse.**

Ved denne type sedimentfang føres boremudderet ind i en kasse med top og sider men ingen bund. Boremudder og prøvemateriale spules ind i kassens bagvæg, hvor det stoppes og materialet falder ned i en eller flere spande indsat under kassen (se figur 2.4a-c).



Figur 2.4a.



Figur 2.4b.



Figur 2.4c.

Figur 2.4. Fotos af sedimentfang med kasse..

I figur 2.4a ses sedimentfanget i en pause i borearbejdet, hvor der ikke er cirkulation af boremudder. I figur 2.4b ses sedimentfanget med cirkulation af boremudder og i figur 2.4c ses boremudder med opslæmmed sediment på vej videre ned i skyllebassinet.

Fotos: Tom Martlev Pallesen

Udtagning af prøver fra sedimentfang med kasse har både fordele og ulemper:

Fordele:

- Det er en forholdsvis objektiv opsamlingsmetode, idet prøveopsamlingen foregår ned i en spand uden menneskeligt indgreb. Det er dog stadig brøndboreren, der bestemmer, hvornår spannen skal placeres under kassen, og hvornår boremudderet får lov at løbe frit ned i skyllebassinet.
- Opstillingen er hurtig, praktisk og stabil, og kræver ikke opsyn hele tiden.

Ulempe:

- Energieniveauet i kassen er kontinuert højt med kraftig turbulens. Boremudderet spules under højt tryk ned i spannen, hvorved de finkornede fraktioner (silt og finsand) kan mistes til skyllebassinet og dermed blive underrepræsenteret i prøven. Metoden har derfor vanskeligt ved at opfange fine fraktioner som silt og finsand (se eksempel i figur 2.7b og 2.7c).

### Sedimentfang med tragt

Ved denne type sedimentfang ledes boremudderet ind i den smalle del af en tragtformet kasse, hvorved hastigheden af boremudder aftager under gennemstrømningen. Sedimentfang med tragt er vist i figur 2.5a-c.

Tragten er i vandret plan delt af en plade med ribber og slidser. Boremudderet ledes umiddelbart efter indløb i tragten hen over en række ribber på oversiden af pladen. Ribberne medvirker til at bremse strømningshastigheden, og samtidig skaber de en turbulens, der modvirker en del af den tyngdebetingede sortering i mudderet. Efter at have passeret ribberne passerer en tværgående slids, hvis bredde kan varieres. En del af boremudderet strømmer ned gennem denne slids og herfra hen over en spand, der opfanger en del af boremudderet og dets indhold af sediment, se figur 2.5b. Resten af boremudderet strømmer igennem den øvre del af sedimentfanget og derfra direkte ud i skyllebassinet. Slidsens bredde kan varieres alt efter gennemboret lithologi og hastighed af boremudderet. Desuden findes umiddelbart inden slidsen en række "afvisere", der leder mudderstrømmen op i toppen af kassen, hvorfra det falder ned gennem slidsen. Afviserne sikrer en yderligere opbremsning og omrøring af boremudderet.



Figur 2.5a. Sedimentfang med tragt.



Figur 2.5b. Opsamling af prøve i sedimentfang med tragt.



Fotos: Jette Sørensen

Figur 2.5c. Udtagning af prøve i sedimentfang med tragt.

#### Fordele:

- Opsamlingsmetoden er forholdsvis objektiv, idet prøveopsamlingen foregår ned i en spand uden menneskeligt indgreb. Det er dog stadig brøndboreren, der bestemmer, hvornår og til dels hvor (i forhold til boremudderstrømmen) spanden skal placeres under kassen. Desuden styrer brøndboreren slidsebredden.
- Boremudderets hastighed falder gennem den tragtformede kasse, og ribber og afvisere modvirker til dels en tyngdebetinget sortering i boremudderstrømmen.
- Opstillingen er hurtig, praktisk og stabil, og kræver ikke opsyn hele tiden.
- I forhold til sedimentfang med kasse er turbulensen mindre.

#### Ulemper:

- Trods en reduktion af gennemstrømningshastighed vil der være problemer med at tilbageholde forskellige kornstørrelsesfraktioner i ligeligt omfang – dvs. der vil forekomme en sortering af materialet.
- I spanden opsamles kun materiale fra den nedre del af boremudderstrømmen. Dette vil kunne føre til sortering af materialet.
- Der vil kunne forekomme en sortering i boremudderet allerede inden ”delstrømmen” ledes ned gennem slidsen, hvorved visse kornstørrelsesfraktioner kan blive ledt direkte i skyllebassinet.

### Sedimentfang med sliske

Denne type sedimentfang kan bestå af 2 sliske, som boremudder og prøvemateriale ledes ind igennem parallelt. For enden af hver sliske findes en spærring med et overløb, der sikrer en vis ro og opholdstid i sedimentfanget. Derved kan også de mere finkornede fraktioner af prøvematerialet nå at bundfældes. Overløbets højde kan varieres, så opholdstid og turbulens i sedimentfanget kan reguleres. Bundfældet prøvemateriale opsamles med en skovl og hældes herefter i en spand. Et sedimentfang med to sliske er vist i figur 2.6.



*Figur 2.6.  
Sedimentfang med to  
sliske og overløb.  
Passagen til sliskerne  
kan indstilles, så  
strømmen af boremud-  
der herigennem bliver  
begrænset.*

*Foto: Jette Sørensen*

Der kan skiftes mellem sliskerne, så boremudderet i den ene sliske får tid til at falde til ro, og prøvematerialet kan nå at sedimentere. Alternativt kan der køres samtidigt med hhv. lavt og højt flow gennem de to sliske. Derved bliver hovedparten af boremudder og prøvemateriale ledt uden om den ene sliske, så opholdstiden af det boremudder, der ledes ind øges. Dette giver pga. den nedsatte vandturbulens god mulighed for opsamling af vanskelige kornstørrelsesfraktioner som f.eks. finsand.

I et sedimentfang af denne type tilbageholdes ofte store mængder sediment, hvorfor en del af prøvetagerens arbejde er kontinuert at udtage repræsentative delprøver af det bundfældede materiale.

Der ligger en begrænsning i, hvor længe boremudderet må opholde sig i såvel slanger som sedimentfang, for at der ikke sker en uønsket tilbageholdelse af boremudder i skyllebassin og sedimentfang.

Udtagning af prøver fra sedimentfang med sliker har både fordele og ulemper:

Fordele:

- Metoden er formentlig bedre egnet til at opfange de finere fraktioner end sedimentkassen og tragt, da overløbshøjde og turbulens kan justeres.

Ulemper:

- Metoden er mere subjektiv end sedimentkassen. Det skyldes bl.a. at prøvetageren i højere grad selv styrer, hvor meget prøvemateriale der skal udtages fra sedimentfangets sliker, samt hvor lang opholdstiden i sedimentfanget skal være.

### 2.2.3 Prøvemængde og prøvetagningsfrekvens

Ved skylleboringer vil der ske et tab af prøvemateriale til boremudderet, afhængigt af den gennemborede lithologi, viskositeten af boremudderet, borehastighed, boreddybde og udformningen af sedimentfanget. Særligt finsandsfraktionen kan gå i suspension i boremudderet og efterfølgende have svært ved at nå at bundfældes i sedimentfanget. Silt opfører sig mere forskelligt. Finkornet silt kommer ofte op som cuttings og kan give store prøvemængder, mens silt med et vist indhold af finsand oftest går i suspension. Således ser man ofte en markant ændring af prøvemængden ved overgangen fra f.eks. ler til finsand eller fra groft sand til finsand. Eksempler på varierende prøvestørrelser er vist i figur 2.7a-e.

Ved skylleboringer anvendes normalt et prøvetagningsinterval på 1 meter. Det er vanskeligt at opnå en større prøvetæthed, idet der også er en vis usikkerhed forbundet med den reelle prøvedybde. Borehastigheden har indflydelse på, hvor præcist laggrænser kan fastlægges.



Figur 2.7a. Prøve af ret fedt ler



Figur 2.7b. Prøve af silt



Figur 2.7c. Prøve af finsand

Figur 2.7a-e

Jordprøver udtaget fra en Ø350 mm lufthæveboring. Billederne viser jordprøver, der repræsenterer forskellige lithologier. Bemærk de små prøver i silt og finsandsfraktionen, figur 2.7b og 2.7c.



Figur 2.7d. Prøve af mellemkornet til groft sand.



Figur 2.7e. Prøve af fedt moræneler.

Foto: Tom Martlev Pallesen.

Der bør altid i forbindelse med skift af borestænger udføres en "oprensning" af borehullet. Det vil sige, at der cirkuleres boremudder, til der ikke aflejres mere prøvemateriale i sedimentfanget. Derved kendes den præcise boreddybde og dermed den efterfølgende prøvetagningsdybde hver gang, der monteres en ny borestang. Eventuel forskydning under boreprocessen sker derfor kun inden for længden af en borestang. En typisk borestang er 4-5 meter lang. Prøvetager og prøvebeskriver skal dog fortsat være opmærksomme på, at laggrænser vurderet ud fra de udtagne prøver alligevel kan forskydes afgørende.

Erfaringsmæssigt sker der ofte selv med påpasselighed en forskydning af laggrænser på ca. 1 meter pr. 100 meter boreddybde. Der er dog eksempler på forskydninger på op til 2 meter inden for en enkelt borestang.

Ønskes mere præcise angivelser af laggrænser end det de udtagne jordprøver giver, er det nødvendigt at udføre borehulslogging. Foruden fastlæggelse af laggrænser, kan borehulsloggen bidrage til en mere detaljeret karakteristik af lagserien, herunder lithologiske variationer i mindre skala, f.eks. hyppigt vekslende ler- og sandlag, der i opborede prøver kan fremstå som en usystematisk blanding af ler og sand. Som hovedregel anbefales det derfor, at grundvandsboringer logges. For nærmere beskrivelse af borehulslogging henvises til Bai (1990).

### 3. Prøvehåndtering

Efter opboring bør prøverne håndteres så skånsomt som muligt. Oplægning og organisering af de ofte mange prøver fra dybe borer kan få stor betydning for prøvernes kvalitet. Ofte skal der udtages flere delprøver fra den opsamlede prøvebunke. Når der i teksten efterfølgende tales om udtagning af prøver eller delprøver, menes udtagning fra det sted, hvor prøven fra sedimentfanget er lagt op.

Når den opborede prøve skal deles i flere delprøver (f.eks. en delprøve til GEUS, til forskningsformål, til sedimentkemisk analyse, til laboratoriebeskrivelse m.m.), og hvor det ikke er hele prøvemassen, der skal udtages, skal man sikre sig at den/de udtagne delprøve(r) er repræsentative og ensartede. Der skal derfor foretages en homogenisering af den samlede prøve, eller der kan alternativt foretages en vertikal opdeling, som når man deler en lagkage.

Det materiale, der udtages i spande fra sedimentfanget, henstår som regel kortvarigt, hvorefter vand i spanden hældes fra og prøven ophældes på fiberdug. Ved denne henstand bundfælder noget af det fine suspendede materiale fra boremudderet i spanden. Når spanden vendes på hovedet kommer det fine materiale derfor til at ligge i bunden, og det grove kommer til at ligge øverst. Det er vigtigt at være opmærksom på dette forhold – både i forbindelse med selve prøvebeskrivelsen, men også ved udtagning af delprøver.

Undertiden kommer der så lidt prøvemateriale op i sedimentfanget, at der ikke kan opnås tilstrækkelige prøvemængder til det aftalte prøvetagningsprogram. I disse tilfælde må det vurderes, hvilken prøve, der foruden den lovpligtige prøve til GEUS, er vigtigst, og hvilke der kan udelades.

Specielle ting i prøverne, f.eks. fossiler, vedstykker og lignende, kan vedlægges i en separat mindre pose, der lægges i prøveposen. Dette bør altid noteres i prøvebeskrivelsen eller i en dagsrapport.

#### 3.1 Oplægning af prøver

Prøverne fra sedimentfanget bør lægges til dræning for vand på fiberdug. Fiberdugen sikrer prøverne mod kontaminering af materiale fra underlaget. Samtidig er fiberdugen i stand til at dræne vand, så prøverne ikke flyder ud og er gennemvåde ved beskrivelsen. Der fås fiberduge med forskellige dræningsegenskaber. Valget af fiberdug er et kompromis mellem prøvebeskriverens krav til høj dræning, og brøndborerens ønske om at dugen skal være så stærk, at man kan gå på den. Endvidere er det at foretrække, at fiberdugen er let håndterbar for brøndboreren.

Prøverne bør lægges med en passende indbyrdes afstand for at hindre sammenblanding og kontaminering. Hvis prøverne skal beskrives i felten, bør afstanden være så stor, at der er plads til at gå rundt mellem prøverne og vurdere dem i detaljer, samt udtage delprøver.

Prøverne bør lægges i rækker og prøvedybden markeres med en tydelig angivelse for minimum hver 10. meters boreddybde. Det letter tilsynets overblik og mindsker risikoen for fejl. Er arbejdet med prøverne ikke fuldført, bør de tildækkes om natten. Desuden bør prøverne altid kunne tildækkes om dagen, så de ikke ændrer karakter ved udtørring fra kraftigt solskin, opløsning ved regn eller lignende. Om vinteren bør tildækningen omfatte isolerende frostsikring, da frost får prøverne til at disintegrere og gør dem umulige at beskrive i felten. Det vil dog altid være en fordel at beskrive prøver i frisk tilstand. Såfremt prøverne er blevet synligt påvirket af vind og vejr eller er blevet kontamineret, bør den information noteres og videregives til de personer, der skal arbejde videre med prøverne.

I nedenstående figur 3.1 er der vist eksempler på såvel hensigtsmæssige som uhensigtsmæssige oplægninger af jordprøver.



Figur 3.1a. God prøveoplægning.



Figur 3.1b. Prøverne er udlagt for tæt.



Figur 3.1c. Prøver dækket af sne.



Figur 3.1d. Prøver flydt sammen pga. regn.

Figur 3.1. Eksempler på "gode" og "dårlige" oplægninger af jordprøver. På billedet i figur 3.1a ligger prøverne overskueligt og velordnede med god afstand mellem rækkerne og prøverne indbyrdes. På billedet i figur 3.1b er prøverne lagt tæt og i 5 rækker på fiberdugen - det levner ikke meget plads til prøvetager og prøvebeskriver. De nederste to billeder viser 2 eksempler på prøver, der har ligget eksponeret for vind og vejr. På billedet i figur 3.1c har en snebygge dækket prøverne og på billedet i figur 3.1d er prøverne flydt sammen på grund af regn kombineret med en for lille indbyrdes afstand. Foto 3.1a, 3.1c og 3.1.d: Tom Martlev Pallesen. Foto 3.1b: Jette Sørensen.



## 3.2 Fotografering af prøver

Efterhånden som prøverne lægges op på fiberdugen, bør der tages billeder af de enkelte prøver samt af hele prøveserien. Billederne kan være en stor hjælp i det videre arbejde og tjener som et godt supplement til prøvebeskrivelserne. Inden fotografering af prøverne påsættes en label eller et skilt med prøve-ID, f.eks. lokalitetsnavn, boredato, DGU-nummer og boreddybde (se figur 3.2a).

Fotos af en prøveserie er gavnlige, når eventuelle farveskift skal fastlægges (se f.eks. foto af prøveserie i figur 3.1b). For at sikre en så god farvegengivelse som muligt, kan der eventuelt anvendes et kort med standard farver, der som reference lægges op ved siden af prøverne.

Særlige kendetegn og specielle ting ved prøven bør fotograferes særskilt (se figur 3.2b og 3.2c).



Figur 3.2a



Figur 3.2b



Figur 3.2c

Figur 3.2. Billedet i figur 3.2a er et eksempel på foto af en prøve med tydelig angivelse af lokalitetsnavn, dato, DGU-nummer, prøvenummer samt udtagningsdybde. På billedet i figur 3.2b ses en snegl fra marine aflejringer, (Skærumhede-serien). På billedet i figur 3.2c ses tynde lag af omsat organisk materiale med små vedrester. Billederne i figur 3.2b og 3.2c er eksempler på specielle ting i prøver, som kan være vigtige at få udtaget og fotograferet, inden de pakkes ned sammen med prøven. Fotos: Tom Martlev Pallesen.

Fotos af prøverne kan med fordel indsættes i et skema med f.eks. 16 prøver på hver side som vist i figur 3.3.



Figur 3.3: Eksempel på opsætning af fotos af jordprøver på A4-side i f.eks. Word. Dokumentet kan efterfølgende på pdf-format "uploades" på Jupiter-databasen sammen med prøvebeskrivelserne.

Fotos: Tom Martlev Pallesen

### 3.3 Udtagning, emballering og mærkning af delprøver

Sedimentprøver, der skal undersøges i laboratoriet, bør altid udtages i egnede poser afhængig af formålet med udtagningen af prøverne. Til alle typer af prøver er det vigtigt at benytte en tilstrækkelig stærk emballage, der ikke går i stykker under håndtering og transport af prøven.

Vand hældes fra poserne inden de lukkes, da vand bl.a. øger risikoen for disintegration af ler og silt. Poserne lukkes med strips eller posebindere, så de er hurtige at lukke op for modtageren på laboratoriet.

### **3.3.1 Mærkning af prøver**

Alle prøver som udtages fra en boring (f.eks. prøver til GEUS, til petrografiske analyser og sedimentkemisk analyse) skal nummereres ens med oplysninger om:

1. Lokalitetsnavn
2. Dato (format: DD-MM-YYYY)
3. DGU nummer
4. Prøvenummer
5. Dybdeinterval

Til dette benyttes en vandfast tusch.

### **3.3.2 Prøver til GEUS**

Prøver, der sendes til GEUS i henhold til den lovmæssige indberetningspligt, skal pakkes i standard prøveposer, der leveres af Borearkivet med tilhørende pose-ID. Poserne fyldes (¼ til ½ liter) og mærkes som beskrevet i Gravesen et al. (2004).

### **3.3.3 Prøver til petrografiske analyser**

Prøver til petrografiske analyser (som f.eks. fingrusanalyser, kornstørrelse og mineralogi) bør være så store, at alle kornstørrelser, hoved- og bikomponenter er til stede i tilstrækkelig mængde til, at de planlagte analyser kan udføres. Som hovedregel skal der udtages 2-4 kg prøve til petrografiske analyser afhængig af sedimentets sammensætning. Endvidere skal man være opmærksom på, at der ved standardiserede petrografiske analyser i henholdt til ISO og DS stilles krav til prøvestørrelserne.

### **3.3.4 Prøver til sedimentkemiske analyser**

I forbindelse med den nationale grundvandskortlægning udtages der ofte prøver til sedimentkemisk analyse, bl.a. med henblik på bestemmelse af sedimenternes nitratreduktionskapacitet og indhold af arsen m.m. Kvaliteten af den udførte analyse bør altid vurderes i forhold til den anvendte boremetode og prøvetagningsmetodik.

Til sedimentkemiske analyser udtages materialet fra fiberdugen eller fra en murerbalje. Prøven udtages midt i prøvematerialet, og iltet materiale på overfladen undgås. Der udtages ca. 200 g prøve, som hurtigst muligt emballeres for at undgå udtørring og iltning af prøven. Det anbefales at anvende PolyEthylen-poser til emballering af prøven, samt at Poly-Ethylen-posen med prøve emballeres i PolyEthylen-dåser. Den emballerede prøve opbevares midlertidigt i en frysekasse på feltdagen. Prøven nedfryses samme dag, som den er udtaget.

Sedimentkemiske prøver bør udtages efter en nøje gennemtænkt prøvetagningsstrategi som bl.a. omfatter prøvetagningsdybder, homogenisering, neddeling, og eventuel blanding

af flere prøver. Dette skal sikre, at prøverne er repræsentative for de geologiske enheder, der ønskes undersøgt geokemisk. Prøvetagningsstrategier og tolkning af sedimentkemiske analyser ligger udenfor denne vejlednings rammer, men er områder, hvor der er behov for videre udviklingsarbejde. I Århus Amt (2006) er der givet forslag til en metode til optimering af den sedimentkemiske prøvetagning, som tager udgangspunkt i den statistiske teori "Theory of Sampling", der også kaldes TOS.

Hvis der på prøver fra en boring ønskes foretaget sedimentkemiske analyser, og der ikke er udarbejdet en prøvetagningsstrategi, anbefales det, at der udtages prøver til analyse fra hver meter i boringen.

### **3.3.5 Prøver til andre undersøgelser**

Ved prøvetagning til andre formål kan der være andre krav. Eksempelvis skal prøver til OSL-datering hurtigt efter opboringen pakkes i lystætte poser eller beholdere, og cuttings skal først renses for overfladebelægninger i laboratoriet. Når der skal foretages særlige analyser, er det derfor vigtigt, at der inden borearbejdet påbegyndes foreligger en instruks for, hvordan disse prøver skal behandles.

### **3.3.6 Transport af prøver**

Prøver, der skal transporteres fra borestedet, skal pakkes i dertil egnede kasser, som ikke må overfyldes eller være for tunge. Kasserne mærkes på begge korte sider med lokalitetsnavn, DGU-nummer og prøveinterval. Afhentning og transport af prøver bør være aftalt inden borearbejdet påbegyndes.

## 4. Tilsyn med borearbejdet

I dette afsnit beskrives de forhold, der har betydning for prøvekvaliteten og den geologiske tolkning af lagserien, og som tilsynet (og brøndboreren) skal være opmærksom på under borearbejdet. Der gives forslag til, hvordan der kan føres logbog under borearbejdet, og hvordan logbogen kan benyttes til at understøtte prøvebeskrivelse og -tolkning.

Tilsyn med arbejdspladsforhold, filtersætning og reetablering ligger uden for denne vejlednings rammer. For yderligere oplysninger henvises der til Miljøministeriets vejledning om udførelse og sløjfning af borer på land (Miljøstyrelsen, 2007). Det er vigtigt at holde sig for øje, at de givne retningslinier vedr. prøvebeskrivelser og tilsyn under borearbejdet primært henvender sig til tilsynet og i mindre grad til brøndboreren. Det er dog også vigtigt, at brøndboreren i samarbejde med tilsynet indretter sine arbejdsmetoder i forhold til tilsynets opgave.

### 4.1 Fuldtidstilsyn

Afhængigt af boringens formål og krav til prøvebeskrivelserne, kan det være formålstjenligt at føre fuldtidstilsyn under selve borearbejdet. Fuldtidstilsyn i forbindelse med prøvebeskrivelse giver en række fordele:

- Der beskrives helt friske jordprøver, og prøvebeskrivelsen foretages på den størst opnåelige mængde prøvemateriale direkte fra fiberdugen (i modsætning til laboratoriebeskrivelser, hvor der oftest beskrives en mindre delprøve).
- Prøverne ses i deres helhed sammen med de øvrige ”friske” prøver fra boringen. Små forskelle i en ellers tilsyneladende ensartet sekvens afsløres lettere rent visuelt (f.eks. små farve- eller kornstørrelsesvariationer). Desuden vil variationer i prøvestørrelserne ned gennem lagserien vise, hvor der skal rettes ekstra opmærksomhed mod prøvebeskrivelsen, da meget små prøver kan være et resultat af, at meget prøvemateriale har været suspenderet i boremudderet og dermed har passeret forbi sedimentfanget.

Der kan dog også være ulemper forbundet med prøvebeskrivelser udført i felten. Lysforholdene kan være dårlige eller skiftende, afhængigt af vejret, ligesom arbejdsforholdene kan være dårlige (boreplads, vejr, arbejdsstilling). Fordelene ved fuldtidstilsynet opvejer dog langt ulemperne herved, og i modsætning til geotekniske undersøgelser anbefales det at beskrive jordprøver fra grundvandsboringer i felten.

Man skal være opmærksom på, at meget kan gå galt eller ”drille” under boreprocessen, så borearbejdet tager længere tid end estimeret, hvorfor omkostningerne ved fuldtidstilsyn i nogle tilfælde kan blive væsentligt højere, end hvis prøverne blot var indleveret og beskrevet i et laboratorium, eller der var blevet udført et begrænset tilsyn.

Iagttagelser, der ikke relaterer direkte til det udtagne prøvemateriale, men til selve borearbejdet, kan være af stor betydning for både selve prøvebeskrivelsen og forståelsen af lagseriens opbygning. Disse iagttagelser, der beskrives nærmere i afsnit 4.2, viderebringes normalt ikke af brøndboreren, der har fokus på selve borearbejdet.

Udføres der kun begrænset tilsyn, bør dette som minimum omfatte en beskrivelse af prøverne på lokaliteten, og helst en dag-til-dag beskrivelse så prøverne er friske, når de beskrives. I forbindelse med tilsynet bør borearbejdets fremdrift diskuteres med brøndboreren, der endvidere vil kunne berette om eventuelle problemer ved borearbejdet.

## 4.2 Dagsrapport

I forbindelse med tilsyn er det vigtigt at føre en dagsrapport over borearbejdets fremdrift. Denne bør omfatte observationer, der har betydning for borearbejdet, jordprøverne og dermed for prøvebeskrivelserne. Brugere af prøvebeskrivelserne bør læse dagsrapporten i sammenhæng med prøvebeskrivelserne, og omvendt. Prøvebeskrivelsen kan, afhængigt af boremetoden, optimeres ved inddragelse af visuelle og lyd-mæssige indtryk under boreprocessen. Disse observationer noteres i dagsrapporten og anvendes dels i forbindelse med prøvebeskrivelsen på stedet, dels ved senere anvendelse af prøvebeskrivelserne.

Dagsrapporten er i særdeleshed vigtig i forbindelse med skylleboringer, hvor selve boreprocessen har afgørende betydning for kvaliteten af jordprøverne. Et eksempel på udformning af et skema til dagsrapport er vedlagt i bilag 1.

I nedenstående tabel 4.1 er der samlet en række informationer, som dagsrapporten bør indeholde i det omfang, det er muligt.

Observation	Årsag	Konsekvens
Tidspunkt for opstart og stop på de enkelte boredage, herunder start- og slutdybde		Jo hurtigere boringen udføres, jo dårligere bliver prøve-kvaliteten. Til gengæld er der en nedre grænse for, hvor lavt trykket kan sættes, hvis der stadig skal foregå en strømning af bore-mudder og cuttings til terræn.
Vejrforhold (omtrentlig temperatur, sol, overskyet, regn, blæst m.m.).	Kraftig sol og nedbør kan påvirke prøve-kvaliteten.	Dårlige prøver (udtørrede, udvaskede).
Anvendt borekrone.	Borekronen påvirker prøve-kvaliteten kraftigt.	Rullemejsel giver ofte dårlige prøver med ingen eller små cuttings. Endvidere medfører rullemejslen nedknusning af korn, hvilket medfører forkert kornstørrelse og form. Vingemejsel giver bedre prøver med større cuttings. Prøver fra rullemejsel anvendt i ler kan dog være gode, dog med små cuttings.

Observation	Årsag	Konsekvens
Anboring af sten.	Grove aflejringer, f.eks. smeltevandsaflejringer eller moræne.	Kan give indslag af friskt opknuste sten og grus i prøven. Kendes på skarpe kanter og friske brudflader. Prøven bliver uegnet til mineralogiske undersøgelser.
Borekrone tilstoppet og stænger trukket op.	Sten eller ler i borehovedet.	Optrækning af borestænger vil altid give dårligere prøver umiddelbart i det niveau, der er boret til.
Generel beskrivelse af fremdriften i borearbejdet. Observationer som f.eks. en sprængt hydraulikslange på boreriggen, at brøndboreren henter vand o.s.v. bør også noteres.	Beskriver det generelle boreforløb. Problemfrit/problemfyldt.	Problemfyldt borearbejde kan af mange årsager give anledning til dårligere jordprøver.
Tilsætning af bentonit, polymerer m.m.	Øger viskositeten af boremuddret.	Sedimentationsprocessen af prøvemateriale fra boremuddret bliver langsommere, og der tilbageholdes derfor mere finkornet materiale i boremuddret. Bentonit kan forurene prøven, så den ikke er egnet til mineralogiske analyser. Det kan anbefales at gemme en prøve af bentonitten, hvis man vil se om den har givet årsag til en bestemt sediment- eller vandkemi.
Tilsætning af vand ud over "normalt" forbrug.	Dybtliggende grundvandsspejl. Lavt grundvandspotentiale i magasin. Evt. sammenstyrtning i borehullet.	Sammenstyrtning kan give jordprøver, der er opblandet med materiale fra den øvre del af lagserien.
Særlige lyde fra borerig og sedimentfang, f.eks. hvis der pludseligt optræder sten i en ellers leret lagserie.	Boring i f.eks. en ret homogen og stenfattig moræneler eller issøler med dropsten. Kan også være nedfald fra højere niveauer i boringen. Enkeltpartikler som ikke nødvendigvis opfanges i sedimentfanget kan høres.	Noter og vurder om der er tale om "fremmedlegemer". Kan være afgørende for den endelige tolkning af aflejringstype og -miljø.
Skift af borestang (påføres prøvebeskrivelsesskema i særlig kolonne).	Tidsmæssige variationer kan indikere, at der bores for hurtigt, eller at der er problemer med nedboringen.	For hurtig nedboring kan føre til forskydning af de registrerede laggrænser.

Observation	Årsag	Konsekvens
Hævning/sænkning af borestammen (angiv tidspunkt, dybde og årsag).	Gentagne hævnings og sænkninger foretages f.eks., hvis boret støder på en stor sten eller groft grus, som kan være vanskeligt at gennembore, eller hvis borehovedet er stoppet til af ler. Bevægelserne kan føre til, at boringen mister vand til formationen.	Bevægelserne kan føre til usikkerhed om dybdeangivelsen og kan føre til kontaminering og ekstra sortering af det løsborede materiale.
Farveændringer i boremuddet.	Ændringer i lagserien. Kan indikere skift fra f.eks. oxideret til reduceret miljø, eller an boring af kalk.	Kan bruges til fastlægnings af laggrænser.
Lyde fra boreriggen – sejtrækker den eller kører den let (højt/lavt moment).	Sten, silt og ler kan hver især give anledning til, at boreriggen sejtrækker. Ved an boring af sten kører boreriggen ujævnt, og boret hopper ofte. Silt og finsand kan være meget hårdt og kompakt, boreriggen kører dog ikke fast. Ler kan kombineret med for hurtig nedboring føre til, at boreriggen kører fast.	Afhængig af årsagen kan det give prøver, der er forurenede med friskknuste stenfragmenter eller meget små og sorterede prøver af silt og finsand.
Pauser i borearbejdet	F.eks. ved skift af borehoved	Når strømmingen i boremuddet standses, vil de opslæmmede partikler og cuttings falde ned gennem væsken til bunden af boringen. Dette materiale skal derfor fjernes, inden nedboringen genoptages.

Tabel 4.1. Typer af informationer der bør noteres i en dagsrapport, samt mulige årsager og konsekvenser.

Foruden ovenstående bør andre observationer af relevans for borearbejdet og den efterfølgende prøvebeskrivelse noteres, herunder om dagens prøver er udtaget og beskrevet, og om de er fotograferet.

Korrespondance med rekvirent og sagsansvarlig bør altid noteres ned, herunder skal fremgå hvilke aftaler, der indgås undervejs. Det samme gælder for eventuel lodsejerkontakt i forbindelse med borearbejdet. Desuden noteres eventuelle ændringer i forhold til det aftalte program.

I de tilfælde, hvor der ikke er ført tilsyn i forbindelse med borearbejdet, er det vigtigt, at brøndborer viderebringer relevante oplysninger jf. ovenstående. Omfanget og formen af dette aftales ved borearbejdets start, da der er grænser for, hvilke krav der kan stilles til brøndboreren bl.a. af hensyn til det øvrige arbejde med boringens udførelse. Oplysninger om anvendt borehoved, boreddybder og fremdrift for de enkelte boredegn og eventuelle problemer i forbindelse med nedboringen bør dog altid noteres og viderebringes sammen med jordprøverne.



## 5. Prøvebeskrivelse

Fremgangsmåden ved beskrivelse af jordprøver og tolkning af deres alder og dannelsesmiljø er i løbet af forrige århundrede udviklet i et samspil mellem geologer og geoteknikere. I dag er prøvebeskrivelse en veletableret fagdisciplin, med faste regelsæt, der sikrer, at prøver beskrives og tolkes ensartet, og beskrivelserne derved bliver sammenlignelige. Prøvebeskrivelsens opbygning og de grundlæggende regler er beskrevet i Larsen et al. (1995). Denne vejledning har nu i en årrække være fundamentet for prøvebeskrivelse, ikke alene indenfor geoteknik, men inden for den anvendte geologi som helhed. Da kvaliteten af prøver fra grundvandsboringer normalt er dårligere end prøver fra geotekniske boringer, er der en række forhold, man skal være særlig opmærksom på ved beskrivelsen og tolkningen af disse prøver.

Boremethodernes og prøvetagningens indflydelse på prøvens kvalitet er beskrevet i de foregående kapitler. Ligeledes er beskrevet, hvordan observationer gjort under selve borearbejdet kan benyttes til vurdering af prøvens beskaffenhed. I dette kapitel gennemgås prøvebeskrivelsens opbygning og grundlæggende regler. Gennemgangen bygger i høj grad på den eksisterende vejledning, Larsen et al. (1995), hvorfra udvalgte tabeller og tekstpassager er gengivet. Endvidere beskrives de særlige forhold, der må tilgodeses ved beskrivelse af prøver fra grundvandsboringer.

De særlige forhold vedrørende prøvetagning og prøve kvalitet gør, at prøver fra grundvandsboringer bedst beskrives i felten, hvor prøverne oplægges rækkevis, så variationer i lagfølgen fremstår mere iøjnefaldende. Da der i forbindelse med prøvetagning som nævnt kan forekomme sortering internt i den enkelte prøvebunke, er det vigtigt, at man beskriver materiale fra hele bunken og ikke kun fra overfladen. Når man beskriver cuttings, er det desuden vigtigt, at disse brækkes over, og at man beskriver friske brudflader, der ikke er påvirket af boremudder, jf. figur 1.3b.

Hvis prøverne alternativt beskrives i laboratoriet, er det væsentligt, at den der beskriver prøverne, har et godt kendskab til boremotoden, samt at relevante observationer gjort under borearbejdet er noteret i en feltjournal, således at oplysningerne fra felten så vidt muligt inddrages, så prøverne beskrives og tolkes optimalt.

### 5.1 Prøvebeskrivelsens opbygning

Grundlæggende foretages prøvebeskrivelse og tolkning efter nedenstående disposition (tabel 5.1), der som hovedregel ikke må fraviges. Man skal dog være opmærksom på, at nogle observationer fra prøver af begrænset kvalitet er usikre og i visse tilfælde må udelades (se nedenstående). Det er imidlertid vigtigt, at alle prøver fra en boring beskrives så detaljeret, som prøvekvaliteten tillader, og at detaljeringsgraden fastholdes under hele prøvebeskrivelsen.

1. Lithologi	
	1.1 Hovedbetegnelse
	1.2 Hærdningsgrad
	1.3 Kornstørrelse og sorteringsgrad
	1.4 Bikomponenter
	1.5 Strukturer
	1.6 Farve
	1.7 Mineralogi
	1.8 Kalkindhold
	1.9 Trivialbetegnelse / lithostratigrafisk betegnelse
2. Dannelses miljø	
3. Alder	

Tabel 5.1. Prøvebeskrivelsens hoveddisposition fra Larsen et al., 1995.

Grundlæggende skelnes i beskrivelsen mellem følgende fem typer af bjergarter:

- Klastiske sedimenter      Aflejringer af faste partikler (f.eks. sand)
- Organiske sedimenter      Aflejringer med overvægt af dyre- eller plantemateriale
- Karbonatsedimenter      Aflejringer domineret af karbonat
- Evaporiter                      Inddampningsbjergarter
- Grundfjeldsbjergarter

De fem typer beskrives efter den samme overordnede disposition, tabel 5.1, men der anvendes forskellige hovedbetegnelser og relaterede bikomponenter inden for de enkelte grupper. Evaporiter træffes stort set ikke i forbindelse med grundvandsboringer i Danmark og skal ikke behandles yderligere her, idet der henvises til Larsen et al. (1995).

### 5.1.1 Klastiske sedimenter

Ved beskrivelsen af klastiske sedimenter følges ovenstående hoveddisposition. Hyppigt anvendte betegnelser for klastiske sedimenter er sammenfattet i tabel 5.2.

#### Hovedbetegnelser

Sedimentets hovedbetegnelse angiver den dominerende kornstørrelse og skrives altid med store bogstaver. Moræneaflejringer er i den forbindelse lidt specielle, da de foruden at være hovedbetegnelser implicit indeholder en tolkning af, at sedimentet er aflejret glacialt. Denne tolkning kan være vanskelig at foretage på dårlige og blandede prøver. Hvis man er i tvivl, skriver man blot LER og angiver usikkerheden ved at sætte "?" ved det tolkede aflejringsmiljø (f.eks. G1?/Gc) se afsnit 5.1.6.

Beskrivelse							Tolkning				
Hovedbetegnelse (skrives med stort)	Kornstørrelse	Sortering	Bikomponenter		Strukturer (udvalgte)	Farve	Mineraler	Kalkindhold	Trivialbetegnelser (udvalgte)	Dannelses- miljø	Alder
			Underordnede kornfraktioner	Andre bi- komponenter							
LER (SKIFFER LERSTEN)	meget fedt fedt ret fedt siltet/sandet st. siltet/st. sandet			Plantedele: planterødder planterester plantestykker	lamination lagdeling				Glimmerler Littoraler Cyprinaler Yoldialer Blanke Ler Plastisk ler		
SILT (SILTSTEN)	leret til st. leret sandet til st. sandet			Muld: muldet muldstriber muldklumper	graderet lagdeling				Glimmersilt		
SAND (SANDSTEN)	fint (f) fint-mellem (f-m) mellem (m) mellem-groft (m-g) groft (g)	Velsorteret (velsort.)  Sorteret (sort.)	leret siltet sandet (f,m,g) gruset (f,g) stenet	<u>Organisk indhold:</u> organiskholdigt humusstribet tørveholdigt gyfjeholdigt	partier, linser og slirer af andet materiale bioturbation			<u>Kalkindhold</u>  kalkfrit (kfr.), (kode: 0)  svagt kalkholdigt (sv.khl.), (kode: 1)	Glimmersand Kvartssand Tapes Sand Saxicava Sand Hvide Sand	Marin (Ma) Brakvand (Br) Ferskvand (Fe) Smeltvand (Sm)	Postglacial (Pg) Senglacial (Sg) Glacial (Gc)
GRUS (KONGLOMERAT BRECCIE)	fint (f) groft (g)	Ringe sorteret (ringe sort.)	Som mængde- angivelse benyttes:  svagt (sv.) stærkt (st.) enkelte (enk.)	Skaller: skaller skalstykker skalfragmenter	glideflader sprækker brokket  fissilt	Efter Munsell farvekort eller evt. subjektivt, så simpelt som muligt		Kvartsgrus		Vind (vi) Flydejord (Fl) Skredjord (Sk) Nedsky (Ne)	Interglacial (Ig) Interstadial (Is) Neogen (Ne) Palaëogen (Pa)
STEN (KONGLOMERAT BRECCIE)	angiv størrelsen	Usorteret (usort.)								Overjord (O)  Gletscher (Gl)	Kridt (Kl) Paleocæn (Pl) Eocæn (Eo) Oligocæn (Ol) Miocæn (Mi)
MORÆNELER	meget fedt fedt ret fedt siltet/sandet st.siltet/st.sandet								Lokalmoræne Kalkmoræne		
MORÆNESILT	leret til st. leret sandet til st.sandet										
MORÆNESAND	fint (f) mellem (m) groft (g)										
MORÆNEGRUS	fint (f) groft (g)										

Øvrige forkortelser: enkelte (enk.) klumper (klp.) partier (part.) homogent (hom.) indhold (indh.)  
med (m.) misfarvet (misf.) omdannet (omdan.) stykker (stk.) inhomogent (inhom.)  
vekslende (veksl.)

Tabel 5.2. Disposition for beskrivelse og tolkning af klastiske sedimentter samt eksempler på hyppigt anvendte beskrivelser og tolkninger. Hovedbetegnelserne i parentes er hærde varianter, der i forbindelse med vandressourcer primært træffes på Bornholm. Original figur Jette Sørensen.

Hvis flere kornstørrelser optræder med samme hyppighed, er det tilladt at angive dette som én samlet hovedbetegnelse, f. eks. SAND og GRUS. Man kan og bør dog i de fleste tilfælde identificere én dominerende kornstørrelse.

Som nævnt indeholder angivelsen af f.eks. MORÆNELER implicit en tolkning af, at aflejningsmiljøet er glacialt. Hvis man ikke mener, det er tilfældet, benyttes de neutrale hovedbetegnelser, LER, SILT og SAND i stedet. I øvrigt henvises til kapitel 6 for en nærmere karakteristik af moræneaflejringerne.

Hvis det er tydeligt, at en prøve reelt er en blanding af flere forskellige sedimenttyper, beskrives disse separat efter hinanden. I det tilfælde kan man desuden angive den procentvise andel af de to sedimenttyper i prøven. Eks. LER, 70%, fedt, lagdelt; SAND, 30 %, fint siltet.

KONGLOMERAT benyttes om hærtnede sedimentter, der især består af afrundede korn i størrelser af grus, sten og blokke. Samme kornstørrelser træffes i en BRECCIE, men her vil kornene være kantede.

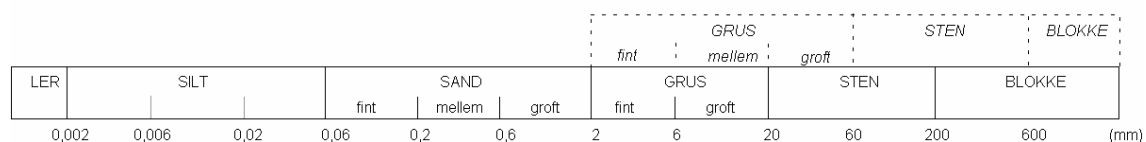
### Hærdningsgrad

Den generelle prøvebeskrivelse giver mulighed for at angive en *hærdningsgrad* af sedimentet (H1-H5), se tabel 5.10. Imidlertid vil de klastiske sedimentter, man træffer i grundvandsboringer som hovedregel være uhærtnede, og man vil derfor normalt ikke angive en hærdningsgrad. Det gælder dog ikke for SKIFRE, LERSTEN, SILTSTEN og SANDSTEN, der i grundvandssammenhæng primært kan træffes på Bornholm. Bestemmelse af hærdningsgrad er beskrevet under afsnittet om karbonatbjergarter, se tabel 5.10. De Bornholm-ske bjergarter er nærmere beskrevet i afsnit 6.1.

### Kornstørrelse og sortering

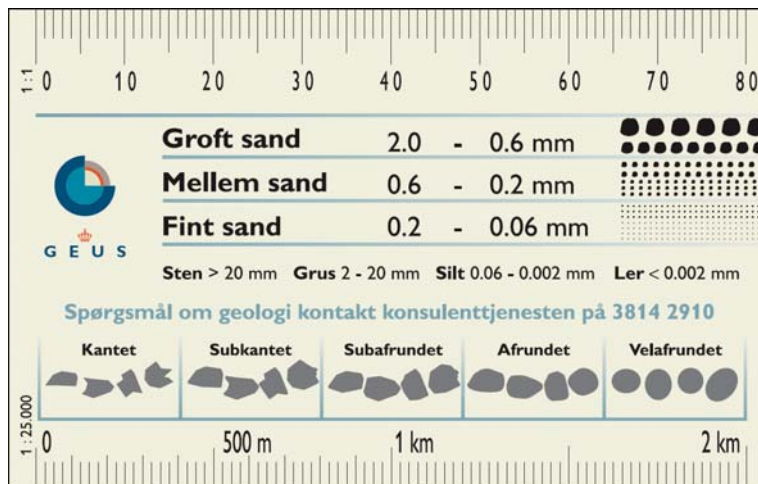
Efter hovedbetegnelsen gives en nærmere bedømmelse af sedimentets kornstørrelse og sortering. Den kornstørrelsesskala, geologerne i Danmark bruger, fremgår af figur 5.1.

Der har gennem tiden udviklet sig en tradition for, at geologer og geoteknikere ikke benytter helt den samme kornstørrelsesskala, se figur 5.1. I praksis berører forskellen dog kun grove korn mellem 6 og 60 mm. Det anbefales, at man til beskrivelse af prøver fra grundvandsboringer anvender den geologiske kornstørrelsesskala.



Figur 5.1. Geologisk kornstørrelsesskala. Med stiplede ses hvor denne afviger fra den geotekniske kornstørrelsesskala. Opdelingen af silt i delfraktioner er normalt kun mulig i gode intakte prøver og kræver desuden stor rutine. Prøver fra grundvandsboringer vil normalt ikke have en sådan kvalitet.

Ved bedømmelse af de grovklastiske sedimentters kornstørrelse kan man med fordel benytte et medbragt kort med størrelsesskala eller evt. prøveglas med udvalgte kornfraktioner.



Figur 5.2. Kort til støtte ved vurdering af kornstørrelser.

Grundlæggende bør man ved beskrivelse af finkornede prøver undgå opslæmmet materiale og udelukkende beskrive cuttings, der først brækkes fra hinanden, så man så vidt mulig beskriver flader med intakt kornstørrelsesfordeling m.m.

Den udvalgte delprøve undersøges med følgende simple metoder:

- Cuttings brækkes over
- Man skærer i prøven med kniv
- Man ælter og ruller prøven
- Evt. bides i prøven
- Der udføres gimpeforsøg

Gimpeforsøg foretages ved at ælte og rulle en lille pølse af den fugtige prøve. Hvis det herefter er muligt at lave "harmonikabevægelser" med prøven, uden at den falder fra hinanden, er der en del silt i prøven. Ved gimpeforsøg kommer der ofte vand frem på prøvens overflade. Ved hjælp af disse simple undersøgelsesmetoder kan der jf. Larsen et al. (1995) karakteriseres 8 kornstørrelsesgrupper, se tabel 5.3. Termerne angiver en samlet vurdering af både hoved- og bikomponenter i prøven.

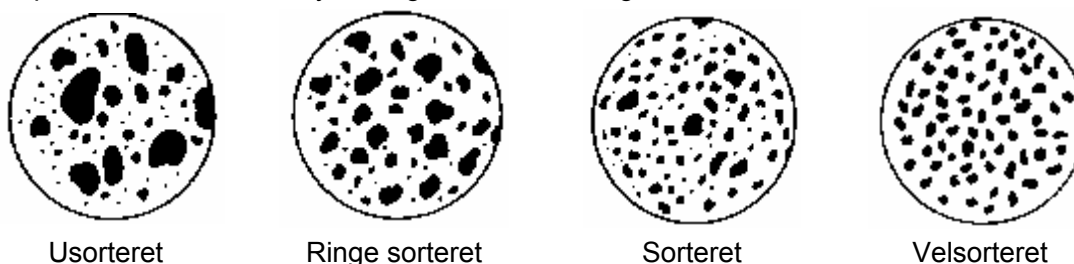
Beskrivelse	Karakteristika
LER, meget fedt	Blanke skæreflader. Ofte fast ved naturligt vandindhold og i så fald vanskeligt at tilføre yderligere vand og opnå homogen konsistens. Danner faste cuttings. Klæbende efter udblødning og udtørres kun langsomt i denne tilstand. Kan i fugtig tilstand have en "sæbeagtig" blød konsistens. Ofte ingen sand- og grovsiltekorn, hvorfor det ikke "knaser for tanden", når man bider i en klump.
LER, fedt	Blanke skæreflader. Plastiske egenskaber åbenbare ved vandtilsætning. Ingen tendens til siltkarakteristika ved gimpeforsøg. Giver normalt faste cuttings. (Bemærk: Silt kan også have blanke skærerflader.)
LER, ret fedt	Blanke skæreflader, dog med enkelte grovere korn. Plastiske egenskaber ved vandtilsætning. Ingen tendens til siltkarakteristika ved gimpeforsøg. Giver normalt faste cuttings.
LER, siltet/sandet	Matte/ru skæreflader. Plastiske egenskaber dominerer, således at man kan foretage udrulningsforsøg og andre plasticitetsundersøgelser. Slemmes let op i vand. Kan have en tendens til siltkarakteristika ved gimpeprøve. Ofte faste cuttings.
SILT, stærkt leret	Plastiske egenskaber tilsyneladende til stede, men prøven bliver flydende ved meget lille vandtilsætning. Gimpeprøven viser klare tegn på hurtig vandtransport i porerne, men ofte med begrænset dilatation (udvidelse). Ofte faste cuttings.
SILT, leret	Plastiske egenskaber stærkt begrænsede, specielt er forsøg til bestemmelse af udrulningsgrænse vanskelige at udføre, idet prøven brister, før tråden har fået den foreskrevne tykkelse på 3 mm. Stærkt klæbende. Stor dilatation ved gimpeprøve. Kan have blanke skæreflader. Slemmes let op.
SILT, fint til groft	Udprægede siltegenskaber og kun ringe plasticitet. Støver i tør tilstand.
SILT, sandet til st. sandet	Ingen plastiske egenskaber af betydning. Vanskeligheder ved såvel udrulningsgrænse- som flydegrænseforsøg. Slemmes let op i vand og tørres hurtigt ud på hænderne. Støver stærkt i tør tilstand.

Tabel 5.3. Beskrivelse og karakteristika af finklastiske aflejringer.

### Sorteringsgrad

De fleste prøver vil fra naturens side være sorterede. Man skal imidlertid være opmærksom på, at der i høj grad også foregår en sortering under borearbejdet, og ved bedømmelse af sorteringsgrad skal man være særlig opmærksom på, at det sker på repræsentative prøver.

Ved prøvebeskrivelsen benyttes 4 grader af sortering:



Figur 5.3. Sorteringsgrad

Usorterede sedimenter vil i princippet indeholde hele kornstørrelsesspektret i nogenlunde lige andele. Ringe sorterede sedimenter vil som regel have en svag overvægt af en eller flere kornfraktioner, mens sorterede sedimenter vil have en tydelig overvægt af en eller flere fraktioner. Grovkornede smeltevandsaflejringer vil eksempelvis normalt være ringe sorterede til sorterede. Velsorterede sedimenter består af korn, der alle ligger indenfor et snævert kornstørrelsesinterval. Vindaflejringer er som regel velsorterede.

Ved moræneaflejringer undlades sorteringsgraden, da disse traditionelt opfattes som usorterede. Ringe sorterede moræneaflejringer forekommer dog også. I Larsen et al. (1995) er beskrevet hvordan sorteringsgraden kan beregnes fra en kornstørrelsesanalyse.

For usorterede sedimenter gælder at jordarter med plastiske egenskaber betegnes LER eller MORÆNELER. En moræneaflejring skal erfaringsmæssigt kun have et lerindhold på 12-14 % for at få betegnelsen MORÆNELER. Nedenstående skema kan bruges som støtte i en nærmere beskrivelse af moræneaflejringer.

BETEGNELSE	SAMMENSETNING			
	% LER	% SILT	% SAND	% GRUS
Morænegrus	< 12 %			> 25
Morænesand	< 12 %		> 45-50	
Morænesilt	< 12 %	> 45-50		
Moræneler	Stærkt siltet	12-15		
	Stærkt sandet	12-15		
	Sandet	15-20		
	Ret fedt	> 20 %		

Tabel 5.4. Klassifikation af moræneaflejringer. I den oprindelige klassifikation af Larsen et al. (1995), der benyttes indenfor geoteknik, indgår lerets plasticitetsindex ligeledes. Dette bestemmes imidlertid sjældent på prøver fra grundvandsboringer. For en nærmere beskrivelse se Larsen et al. (1995).

### Bikomponenter

Efter sorteringsgraden angives underordnede kornfraktioner og andre bikomponenter. Det anbefales, at man angiver bikomponenterne i rækkefølge med faldende hyppighed, (eks. SAND, groft, sorteret, *gruset*, *svagt siltet*).

Til støtte ved vurdering af finstof i prøver af SAND og GRUS kan nedenstående tabel benyttes.

BESKRIVELSE	INDHOLD AF FINSTOF	KENDETEGN
svagt siltet / svagt leret	< 5 % silt / ler	Finstoffet kan ses og vil kunne sværte fingre, men har ikke betydning for prøvens geotekniske egenskaber
siltet / leret	5-10 % silt / ler	Finstoffet er tydelig. Prøven støver i tør tilstand
stærkt leret / stærkt siltet	> 10 % silt / ler	Finstoffet giver en "klæbrig" konsistens i fugtig tilstand

Tabel 5.5. Andel af finstof i sand og grus. Ved skylle- og lufthæveboring kan boremudderet give et tilskud af finstof, som man så vidt mulig må prøve at se bort fra.

Finkornede prøver med et mindre indhold af sand og grus beskrives efter nedenstående opdeling.

BESKRIVELSE	INDHOLD AF SAND / GRUS
svagt sandet / svagt gruset	< 10 %
sandet / gruset	10-25 %
stærkt sandet / stærkt gruset	> 25 %

Tabel 5.6. Andel af sand og grus i finkornede aflejringer

Det kan i den sammenhæng være nyttigt at få foretaget enkelte kornstørrelsesanalyser for at træne denne vurdering

Foruden de almindeligt forekommende mineraler kan der forekomme en række andre bi-komponenter i de klastiske sedimentter. Disse omfatter:

- Plantedele
- Finkornet organisk stof / humus
- Tungsand
- Forsteninger
- Fyld

#### *Plantedele*

Ved forekomst af plantedele er det vigtigt at beskrive disse og vurdere, om det er oprindelige planterester, eller om prøven er forurennet med recente plantedele, hvilket let kan ske på borepladsen. Til senere tolkning af aflejringsmiljøet er det endvidere vigtigt at vurdere, om der er tale om roddele eller plantedele, som oprindeligt har befundet sig over overfladen. Endvidere beskrives om muligt, hvor omsatte plantedelene er, jf. tabel 5.9.



### *Finkornet organisk materiale*

Et indhold af finkornet organisk materiale (humus og andet finstof) kan have stor betydning for en jordarts egenskaber, lige som det kan give vigtige informationer om sedimentets aflejringsmiljø. Finkornet organisk stof medfører ofte en mørkfarvning af sedimentet. Mørkfarvning kan dog også stamme fra andre kilder som f.eks. kemisk udfældning af manganoxid m.m. Til vurdering af om mørkfarvningen rent faktisk skyldes et humusindhold kan benyttes en ca. 3 % opløsning af natriumhydroxid, idet natriumhydroxid opløser humus, hvorved væsken over sedimentet mørkfarves, se afsnit 5.2.

Mængden af andet organisk materiale vil i nogen grad påvirke prøvens vandindhold, skønt dette også er påvirket af tykkelsen af dæklag og tidligere belastning af sedimentet. Prøvens glødetab kan ligeledes give et fingerpeg om det organiske indhold. Klastiske sediment har normalt et vandindhold under 50 % og et glødetab (gl<sub>r</sub>) på mindre end 5 %, se Larsen et al. (1995). Er værdierne større end dette, er der formodentlig tale om et organisk sediment i stedet, se afsnit 5.1.2.

### *Fossiler*

Forsteninger af dyr og planter kan være meget vigtige i bestemmelse af aflejringsmiljø og alder. Uden palæontologisk forhåndskendskab er det dog ofte blot muligt at henføre forsteningerne til overordnede fossilgrupper og eventuelt bestemme, om der er tale om organismer, der har levet i havet eller på land. Hvis der findes fossiler i prøven, og disse ikke formodes at være omlejrrede, lægges de i en mindre, særskilt prøvepose, og det anbefales, at der efterfølgende foretages en supplerende undersøgelse af disse i laboratoriet.

Det skal i denne sammenhæng bemærkes, at kvartære aflejringer ofte indeholder en del kalkfossiler fra Kridt og Danien. Det kan både være stykker af skaller, koraller og bryozostængler m.m. Er disse hyppigt forekommende i et kvartært sediment, kan beskrivelse af dette benyttes indirekte til at karakterisere sedimentet.

Ved beskrivelse af skalmateriale skelnes mellem

- skaller - hele eller næsten hele skaller
- skalstykker - store genkendelige skaldele
- skalfragmenter - små dele hvor nærmere beskrivelse kræver mikroskop

Hele skaller og større skalstykker kan tyde på, at skaldyrene levede i aflejringsmiljøet, mens små, knuste skalstykker kan tyde på, at de er omlejrrede. Tynde velbevarede skaller findes ofte i ferskvandsaflejringer, mens tykke skaller oftest er knyttet til det marine miljø.

Andre bikomponenter som f.eks. stykker af brunkul i sand, lerrullesten m.v. anføres ligeledes under bikomponenter.

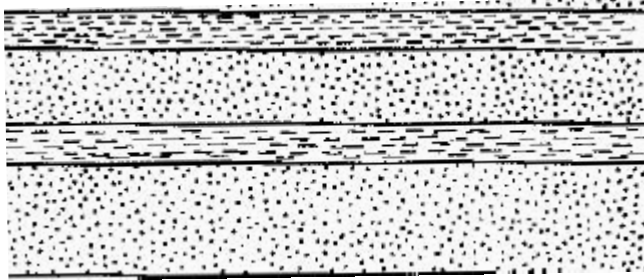
### *Fyld*

I tilfælde af at man i prøven finder nutidigt (recent) materiale som tegl eller glasskår m.m., anføres hovedbetegnelsen som "FYLD". De enkelte "fremmedele" angives / beskrives sammen med de øvrige bikomponenter. Eks.: FYLD: SAND, gruset, sv. siltet, slagger. Prøver af fyld kan indeholde skadelige stoffer og bør som udgangspunkt behandles med hand-

sker. Ved det mindste tegn på kemisk forurening af prøverne, bør prøvebeskrivelsen indstilles og de rette sikkerhedsmæssige forholdsregler tages.

### Strukturer

Sedimentstrukturer beskrives bedst i åbne blotninger i kystkliner, ved udgravninger eller i råstofgrave. Ved beskrivelse af boreprøver kan de derimod være meget vanskelige at erkende. I klumper af sammenhængende prøver ses dog ofte primære sedimentstrukturer.



Termene lagdeling og laminering bruges til at beskrive, at prøven er opdelt i lag af vekslende kornstørrelse. Lagdeling benyttes, når de enkelte lag er cm tykke eller tykkere. Millimeter-tynd lagdeling betegnes derimod som lamination.

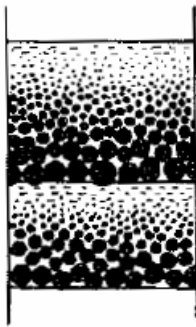
Figur 5.4. Lagdeling og lamination er kendetegnet ved at være gennemgående. Fra Pulvertaft (1975).

Mens lag har en vis udstrækning i planet, benyttes betegnelserne linser om begrænsede linseformede strukturer, og slirer om endnu mindre flade strukturer. Se figur 5.5.



Figur 5.5 Slirer og linser. Fra Pulvertaft, (1975).

For de hærtnede bjergarter gælder, at en LERSTEN er massiv uden tydelig lamination, (skifrig) i modsætning til en SKIFER.

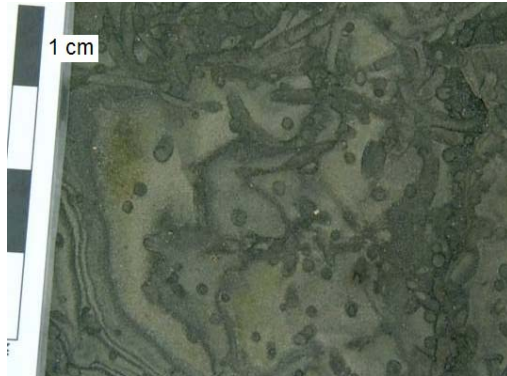


Hvis der optræder en gradvis kornstørrelsesændring på tværs af et lag, betegner man lagdelingen som graderet (se figur 5.6). En introduktion til almindelige sedimentstrukturer findes i Pulvertaft (1975).

Figur 5.6 Graderet lagdeling (Pulvertaft, 1975).

I nogle tilfælde kan tektoniske strukturer også iagttages i boreprøver. Overordnet kan disse opdeles i folder, sprækker, glideflader og forkastninger. Der vil under boreprocessen dog også kunne introduceres spændinger, som kan resultere i lignende strukturer. Det gælder især sprækker og mindre forkastninger, hvis oprindelse kan være vanskelig at tolke i de fleste typer af boreprøver fra grundvandsboringer. I sammenhængende (lerede) prøver vil i nogle tilfælde kunne ses små oprindelige folder og glideplaner. Sidstnævnte er karakteriseret ved at have blanke og ofte stribede brudflader.

Biogene strukturer (bioturbationer) er dannet ved dyrs eller planterødders gravende eller borende aktivitet. I prøver ses de ofte ved, at rør eller gange er fyldt med sediment, der afviger i farve eller sammensætning fra omgivelserne.



Figur 5.7. Bioturberet silt. Kilde: "<http://www.geologyrocks.co.uk>"

### Farve

En beskrivelse af sedimentets farve kan dels underbygge beskrivelsen af bikomponenter og mineralogi, dels være en vigtig indikator for hvilke redox-forhold, der findes i den pågældende dybde i dag. Man skal være opmærksom på, at nogle prøver hurtigt skifter farve ved møde med luftens ilt. Farven bør derfor beskrives fra frisk brækkede brudflader af prøven.

Den mest objektive farvebeskrivelse fås ved anvendelse af et standard farvekort med jordartsfarver og tilhørende koder, som f.eks. Munsells farvekort (Munsell, 2000). Det anbefales, at der i felten anvendes et sådant kort til farvebestemmelsen på de friske prøver samt at farven angives med kortets farvekode og ikke med den tilhørende beskrivende farve. Erfaringer med beskrivelse af udlagte prøveserier har dog vist, at ikke alle synlige farveskift kan genkendes i farvekoderne. Det anbefales derfor at der også foretages en subjektiv farvebedømmelse. Ved subjektive farvebeskrivelser, er det vigtigt at benytte simple og relativt entydige farveangivelser. Benytter man sammensatte farveangivelser, skal sidstnævnte farve være den mest dominerende. Eksempelvis forstås gråbrun som en brunlig farve med et gråt skær. Ved farvebeskrivelse i direkte sollys kan med fordel benyttes en sort paraply til at give passende ensartet skygge.

Ved beskrivelse af sedimentfarver i prøver fra grundvandsboringer er det særlig vigtigt at registrere farveskift, der er relateret til redoxgrænsen i sedimentet. Denne vil ofte kunne ses ved et forholdsvist brat skift i de udlagte prøvers farve fra rød- og gul- brune nuancer til grålige, blålige, grønne og sorte nuancer i de uforvitrede sedimenter, se figur 3.1b, anden prøverække fra venstre. Farveskift, der kan relateres til redoxgrænser i sedimentet, noteres særskilt i prøvebeskrivelsesskemaet, se afsnit 5.3. Det er i den forbindelse vigtigt at tage fotos, der tydelig viser farveskiftene. Disse vedlægges som dokumentation, jf. afsnit 3.2.

Grove, grusede aflejringer kan have forskellige spraglede farver, der mere afspejler de enkelte korns primære farver, end de afspejler redox-forholdene i sedimentet. Det noteres

under bemærkninger til prøvebeskrivelsen, om sedimentets farve afspejler mineralernes egne farver eller en belægning af kornene, en såkaldt "coating".

### Mineralogi

Under mineralogi beskrives forekomst af særlige mineraler, der optræder i prøven. Der ses i denne forbindelse bort fra almindeligt forekommende mineraler som kvarts, feldspat, flint og kalk samt små mængder tungmineraler. Særlige mineraler som f.eks. glimmer, glaukonit, eller pyrit noteres derimod. Visse mineraler som pyrit og magnetit kan i sedimentære jordarter optræde findelt og give prøven en sortfarvning. I uheldige tilfælde kan dette føre til en fejlagtig tolkning af et organisk indhold. Ingen af disse mineraler giver dog farvning af en natriumhydroxidopløsning. Et stort indhold af friske, skarpkantede feltspatkorn kan være tegn på, at en sten af granit eller gnejs er blevet knust under borearbejdet. Er man af den opfattelse, noteres dette under bemærkninger - ikke under selve beskrivelsen.

### Kalkindhold

En prøves kalkindhold kan vurderes ud fra prøvens reaktion med en fortyndet opløsning af saltsyre (ca. 10 % HCl). Ud fra reaktionens intensitet ved pådrypning af saltsyre på en frisk brudflade (ikke en skæreflade) kan skelnes mellem nedenstående grader af kalkholdighed.

Beskrivelse	Reaktion	Omtrentlig kalkindhold	Kode
Kalkfrit	Ingen brusen eller blot svag brusen fra et enkelt punkt	< 1 %	0
Svagt kalkholdigt	Brusen fra enkelte pletter eller svag boblen fra hele grundmassen	< 5 %	1
Kalkholdigt	Jævn brusen fra hele grundmassen eller kraftig brusen fra enkelte punkter	5 – 25 %	2
Stærkt kalkholdigt	Prøven koger kraftigt med syre	> 25 %	3

Tabel 5.7. Vurdering af kalkindhold. Bemærk at kolde og frosne prøver generelt vil udvise mindre reaktion. I højre kolonne er angivet en kodeværdi, der kan anvendes i prøvebeskrivesskemaet – se evt. afsnit 5.3.

Betegnelsen mergel, der blandt geologer betegner finkornede klastiske aflejringer med mere end 45 % kalk, benyttes ikke. Disse aflejringer betegnes ved prøvebeskrivelsen som LER st. kalkholdig. Mergel kan dog indgå som del af en trivialbetegnelse eller et formati-onsnavn, eks. Søvind Mergel.

## 5.1.2 Organiske sedimenter

Et organisk sediment indeholder så meget dyre- eller plantemateriale, at dette præger sedimentets overordnede karakter. Det medfører, at organiske sedimenter som fælles træk har lav vægtfylde, stort glødetab og oftest et stort vandindhold. Organiske sedimenter kan være dannet ud fra en række forskellige organiske udgangsmaterialer og have været udsat for forskellig grad af fysisk og kemisk påvirkning. Ud fra laboratorieundersøgelser er det muligt at foretage en detaljeret beskrivelse og opdeling af denne sedimentgruppe. Til beskrivelse af jordprøver fra grundvandsboringer vil det i de fleste tilfælde dog være tilstrækkeligt med nedenstående overordnede opdeling.

Beskrivelse				Tolkning			
Hovedbetegnelse	Omdannelsesgrad	Bikomponenter		Dannelsesmiljø	Typiske aldre		
		Underordnede kornfraktioner	Øvrige bikomponenter				
TØRV	Uomdannet	leret eller sv. leret	<u>Større plantedele:</u> f.eks. Strå Grene Frø  <u>Skaller:</u> Skalfragmenter Skalstykker Skaller	Ferskvand (Fe)	Postglacial (Pg) Senglacial (Sg) Interstadial (Is) Interglacial (Ig)		
TØRV/ GYTJE	Svagt omdannet						
GYTJE	Omdannet			siltet eller sv. siltet		Marin (Ma)	
KALGGYTJE	Stærkt omdannet			sandet eller sv. sandet		Brakvand (Br)	
DIATOMIT						Ferskvand (Fe)	Interglacial (Ig) Eocæn (Eo)
BRUNKUL							Neogen (Ne) Miocæn (Mi)
MULD							

Tabel 5.8. Disposition for beskrivelse og tolkning af organiske sedimenter samt eksempler på hyppigt anvendte beskrivelser og tolkninger.

### Hovedbetegnelser

TØRV er et såkaldt autoctont sediment. Det vil sige, at det er dannet på stedet af omsatte plantedele. Normalt kan plantedelene ses med det blotte øje. Findeling og omdannelsesgrad kan dog variere en del. Tørv er næsten altid mørkfarvet i sorte og brune nuancer. Findelt tørv kan være vanskelig at skelne fra mørkt humusholdigt gytje. På grund af dannelsesmåden indeholder tørveaflejringer dog ofte kun små mængder uorganisk materiale og har derfor normalt større glødetab og vandindhold end gytjeaflejringer. Som det fremgår af ovenstående skema beskrives kornstørrelse og sorteringsgrad ikke for organiske sedimenter. Derimod kan man beskrive omdannelsesgraden af tørveaflejringer efter nedenstående retningslinier.

Uomdannet	Plantedelene ligger adskilt uden humøs mellemmasse
Svagt omdannet	En vis humøs mellemmasse ses mellem større velbevarede dele.
Omdannet	Prøven består af en inhomogen blanding af større noget omdannede plantedele i en humøs mellemmasse
Stærkt omdannet	Prøven består helt overvejende af humøs mellemmasse

Tabel 5.9. Omdannelsesgrad af organiske sedimenter. Inddelingen benyttes primært til postglaciale tørv-aflejringer.

GYTJE er pr. definition et sediment dannet på sø- eller havbunden af transporteret organisk materiale. Typisk er sedimentet findelt ved bundlevende dyrs bearbejdning. På grund af dannelsesmåden kan GYTJE indeholde mere uorganisk end organisk materiale, skønt sedimentet overordnet har en organisk karakter. Gytje findes i mange farver og optræder normalt siltagtig med et kort, "gæragtigt" brud. Har gytjen et betydeligt kalkindhold, så den bruser kraftigt ved pådrykning af ca. 10 % saltsyre, kan sedimentet betegnes som KALK-GYTJE (eller blot GYTJE st. kalkh.). Kalkgytje vil normalt have en lys farve.

Når der ikke forekommer laboratorieanalyser, kan det være vanskeligt at afgøre om finkornede humusholdige aflejringer tilhører gruppen af tørv eller gytje. I det tilfælde kan der benyttes en sammensat hovedbetegnelse; TØRV / GYTJE.

DIATOMIT er en organisk aflejring, der primært er opbygget af mikroskopiske kiselskallede organismer (diatomeer). DIATOMIT kan ligne almindelige finkornede silt- og leraflejringer. I tør tilstand bliver det meget lyst og har ringe vægtfylde. DIATOMIT findes både som interglaciale aflejringer og som eocæne, marine aflejringer mellemløjret af vulkansk aske i den såkaldte Fur Formation ved den vestlige Limfjord, (Moler).

BRUNKUL er betegnelsen for omdannet (indkullet) tørvemateriale. Det afviger fra tørv ved at have en hvis grad af hærdning og har endvidere en brun stregfarve. Ofte findes lag af brunkul som del af de limnisk Miocæne aflejringer i Midt- og Vestjylland. Omlejrrede stykker af brunkul er hyppige i de Miocæne sandaflejringer og findes desuden mange steder i kvartære sedimenter.

MULD benyttes som betegnelse for det øverste naturlige jordlag, der er dannet ved indarbejdning af organisk materiale. I forhold til de beskrivelser, man foretager ved egentlige jordundersøgelser, er dette en grov forenkling. Der er ikke nogen regler for, hvor meget organisk materiale der skal være i muld, og en sandpræget muld vil ofte have et lavere indhold end en lerpræget muld. Da muldens karakter i høj grad påvirkes af det øvrige (klastiske) udgangsmateriale, anbefales det, at hovedbetegnelsen angives som en dobbelt betegnelse. F.eks. MULD:LER, sandet, sv. gruset, rødde, brunt.

### 5.1.3 Karbonatbjergarter

Karbonatbjergarter er, som navnet antyder, domineret af karbonatminerale. De opdeles efter nedenstående hovedbetegnelser, se også tabel 5.11.

#### Hovedbetegnelser

KALK domineres af calciumkarbonat og udgør hovedparten af de karbonataflejringer, man møder i grundvandsboringer. Kalkprøver optaget med kerneboregrej vil ofte have en god prøve kvalitet, hvor både tekstur, sedimentære og tektoniske strukturer kan ses. Ved skylle- og DTH-boringer bliver kalken derimod ofte helt eller delvist opslæmmet, og der skal omhyggeligt udsøges sammenhængende cuttings til beskrivelse.

DOLOMIT består af en blanding af magnesium og calciumkarbonat. Det kan vanskelig skelnes fra KALK visuelt. DOLOMIT bruser dog ikke med kold saltsyre.

JERNKARBONAT (eller siderit) dannes ved kemisk udfældning i ferskvand under iltfrie forhold. Det træffes bl.a. i postglaciale moseaflejringer og kan findes som konkretioner i palæogent ler.

#### Hærdningsgrad

Karbonatbjergarter kan have meget forskellig hærdningsgrad, hvilket gør det relevant at beskrive den. Det gøres efter følgende retningslinier, der også gælder for andre typer af hærdnede sedimenter, jf. eksemplerne i tabellen.

SYMBOL	BETEGNELSE	BESKRIVELSE
H1	UHÆRDNET, LØS, BLØD	Materialet kan uden stort besvær bearbejdes med fingrene. For kornede materialer gælder, at kornene falder fra hinanden i tør tilstand.
H2	SVAGT HÆRDNET	Materialet kan nemt bearbejdes med en kniv, og det kan ridses med en negl. Ved kornede materialer kan de enkelte korn pilles ud med fingrene. Eks.: Skrivekridt
H3	HÆRDNET	Materialet kan bearbejdes med en kniv, men ikke ridses med en negl. Ved kornede materialer kan de enkelte korn pilles ud med en kniv. Eks.: De fleste danske kalkbjergarter fra Danien, men ikke "Saltholmskalk"
H4	STÆRKT HÆRDNET	Materialet kan netop ridses med en kniv, men de enkelte korn lader sig ikke løsne med en kniv. Dog vil en brudflade følge korngrænserne. F. eks.: "Saltholmskalk", "Skelbrokalk" og "Neksøsandsten".
H5	MEGET STÆRKT HÆRDNET, FORKISLET, SV. METAMORF.	Materialet lader sig ikke ridse med en kniv. Sprækker og brudflader går igennem de enkelte korn i kornede materialer. Eks.: flint og "Balka-sandsten"

Tabel 5.10. Skala til angivelse af bjergarters hårdhed.

Beskrivelse							Tolkning	
Hovedbetegnelse	Hærdningsgrad	Kornstørrelse	Bikomponenter	Strukturer	Mineralogi	Dannelsesmiljø	Typiske aldre	
KALK	Uhærdnet (H1)	Sandet /gruset	Skaller: Skalfragmenter	Lagdelt Lamineret	Flint, porøst, lys	Marin (Ma)	Kridt (Kt)	Maastrichtien (Ma)
	Sv. hærdnet (H2)	Sandet, svagt slammet	Skalstykker	Bioturberet	Flint tæt, farve			
	Hærdnet (H3)	Sandet, slammet	Skaller		Glauconit	Danien (Da)		
	St. hærdnet (H4)	Stærkt slammet	Krystalline korn Kvartskorn		Pyrit			
DOLOMIT								
JERNKARBONAT (Siderit)								Postglacial (Pg) Interglacial (Ig)

Tabel 5.11. Disposition for beskrivelse og tolkning af karbonatsedimenter samt eksempler på hyppigt anvendte beskrivelser og tolkninger.



## Kornstørrelse

Karbonatsedimenternes kornstørrelse beskrives efter en anden fremgangsmåde end de klastiske aflejringer, idet man beskriver hhv. en grovfraction (sand og grus) og en finfraktion (slam) hver for sig. Ud fra forholdet mellem slam og groft materiale deles karbonatsedimenterne i følgende grupper.

Klassificering	Beskrivelse
Sandet / Gruset	Grove korn dominerer helt sedimentet. Bemærk at det drejer sig om grove kalkkorn (fossiler, fossildele eller krystaller). Andre grove korn angives særskilt f.eks. kvartskorn.
Sandet, svagt slammet	Sanddelen præger sedimentet, men der ses en tydelig slamdel mellem sand/gruskornene.
Sandet, slammet	Slamandelen er betydelig, og uhærdnede prøver har en "klistret" karakter. I lup kan iagttages, at der er kontakt mellem sandkornene.
Stærkt slammet	Slamandelen er dominerende, og et uhærdnet sediment er formbart. Med lup ses større korn isoleret i den fine grundmasse.

Tabel 5.12. Opdeling af karbonataflejringer efter kornstørrelse.

## Bikomponenter

Karbonatsedimenterne indeholder ofte klastiske enkeltkorn, der beskrives som bikomponenter. Organisk materiale kan ligeledes optræde som bikomponent, og kan give prøverne en mørk farve.

## Strukturer

Karbonatbjergarter vil ofte indeholde strukturer, som vil fremstå tydeligt i kerneprøver, mens de, afhængig af prøve kvaliteten, kan være svære at erkende i cuttings. Sedimentstrukturer beskrives med samme termer som for de klastiske bjergarter.

## Mineralogi

Karbonatbjergarterne kan foruden karbonat indeholde varierende mængder af andre mineraler, der i henhold til dispositionen beskrives under mineralogi. Kalkbjergarterne fra Kridt og Danien vil ofte indeholde flint i varierende form og mængde. Flint kan optræde i en lys højporøs form, der kan ligne kalk. Flinten reagerer imidlertid ikke med syre. Endvidere vil den porøse flint suge sig fast til tungen, hvis det berører denne (den såkaldte tungeprøve). Den tætte flint kan optræde med mange farver fra lyse over rødlige til brune, grå og sorte nuancer. Flintindholdet i danske kalkaflejringer varierer meget. Der kan ved prøvetagning fra lufthæve og skylleboringer ske en opslæmning af kalken, så flinten opkoncentreres kunstigt.

Pyrit findes hyppigt i karbonatbjergarter og optræder her ofte som knolde. Endvidere kan der selv på friske kalkprøver ses rustpletter dannet ved iltning af pyrit. Det grønlig mineral glaukonit optræder også ganske hyppigt i karbonatsedimenter, hvor det ofte er knyttet til bestemte zoner.

### 5.1.4 Grundfjeldsbjergarter

Denne overordnede betegnelse omfatter metamorfe og magmatiske bjergarter. I forbindelse med grundvandsressourcer træffes disse udelukkende på Bornholm. Metamorfe bjergarter er resultat af omdannende processer ved øget tryk eller temperatur uden at bjergarten smelter. Magmatiske bjergarter er derimod dannet fra en opsmeltet bjergartsmasse. Bjergarter, der er størknet i dybet, betegnes som plutonske bjergarter. Bjergarter, der er størknet på overfladen, betegnes vulkanske bjergarter, og de der er størknet på vej til overfladen, betegnes som gangbjergarter.

Metamorfe bjergarter	Magmatiske bjergarter
GNEJS	GRANIT
KVARTSIT	PEGMATIT
SKIFER (glimmerskifer og fyllit)	APLIT
AMFIBOLIT	GABBRO
MARMOR	DOLERIT (DIABAS)
	BASALT

Tabel 5.13. Oversigt over almindeligt forekommende grundfjeldsbjergarter.

I forbindelse med grundvandsressourcer træffes grundfjeldsbjergarter udelukkende på Bornholm, og ikke alle ovenstående bjergarter træffes her. De almindeligste bjergartstyper beskrives kort nedenfor, idet der henvises til Gravesen (2006) for en nærmere beskrivelse af de bornholmske grundfjeldsbjergarter.

GRANIT opfattes i denne sammenhæng som en ofte mellem til grovkornet bjergart uden betydelig lagdeling. De dominerende mineraler er kvarts og feldspat med større eller mindre mængder af mørke mineraler. På trods af mineralernes forskellige farver virker granitter ofte forholdsvis homogene, og optræder normalt med rødlige og lyse farver.

PEGMATIT er en grovkornet eller meget grovkornet gangbjergart domineret af kvarts og feldspat. Ofte ses større mørke enkeltmineraler i pegmatitten og af og til også sjældne mineraler. Pegmatit træffes som årer og sprækkeudfyldninger i det omgivende grundfjeld.

DOLORIT er en mørk, ofte finkornet gangbjergart domineret af feldspat og mørke mineraler. Da bjergarten er størknet hurtigst tættest på gangens sider, vil der ofte være kornstørrelsesvariation fra meget finkornet ved gangens side til lidt grovere i gangens centrale del.

GNEJS er en sribet, eller båndet, relativ grovkornet og ofte lys bjergart. Den mineralogiske sammensætning af en gnejs kan variere meget alt efter udgangsbjergartens sammensætning, men ofte svarer den til sammensætningen af granit.

#### Hærdningsgrad

Hærdningen af grundfjeldsbjergarter er normalt så betydelig, at det ikke er relevant at benytte en hærdningsgradsskala.

## Kornstørrelse og tekstur

Ved beskrivelse af grundfjeldsbjergarter benytter man normalt følgende kornstørrelsesinddeling.

Meget grovkornet	> 30 mm
Grovkornet	5 til 30 mm
Mellemkornet	1 til 5 mm
Finkornet	0,05 til 1 mm
Tæt	< 0,05 mm

Tabel 5.14. Inddeling af kornstørrelse for grundfjeldsbjergarter.

Foruden kornstørrelse beskrives om muligt teksturelle karakteristika som bånding og foliation tegnet af mineralkornenes fordeling og orientering. Disse tekstur-egenskaber må ikke forveksles med lagdeling, der er en struktur knyttet til sedimentære bjergarter.

## Strukturer

Under strukturer beskrives folder, forkastninger og sprækker i det omfang, de kan ses i prøvematerialet. Ved grundvandsboringer vil der ofte være benyttet en boremetode drevet af trykluft, og man vil normalt få små prøver, hvori man vanskeligt kan se strukturer. Når tilsvarende bjergarter kan ses i blotninger på eller nær ved borestedet, bør man som supplement til prøvebeskrivelsen studere geologien her.

## Farve

I de fleste tilfælde vil en simpel, subjektiv beskrivelse af grundfjeldsbjergartens farve være tilstrækkelig, da bjergarterne ofte er opbygget af enkeltkorn med meget forskellig farve. Finkornede bjergarter kan dog også beskrives ved hjælp af farvekort.

## Mineralogi

Da mineralindholdet i en grundfjeldsbjergart normalt udgør klassifikationsgrundlaget, vil de hyppigste mineraler som kvarts og feldspat indirekte fremgå af hovedbetegnelsen. Øvrige mineraler skal så vidt mulig beskrives. Især er det vigtigt at beskrive eventuelle metaller, der potentielt kan have indflydelse på grundvandskvaliteten.

### 5.1.5 Angivelse af trivialbetegnelse

En lang række danske sedimenter er fra gammel tid benævnt ud fra deres indhold af fossiler (f.eks. Saxicava Sand), deres indhold af bestemte mineraler (f.eks. Glimmerler), ud fra et særligt udseende (f.eks. Skrivekridt og Moler) eller efter områder eller lokaliteter, hvor aflejringen findes (Kerteminde Mergel, Københavns Kalk m.fl.). Der er ikke altid tale om etablerede lithostratigrafiske enheder men dog betegnelser, der er udbredte i litteraturen.

Hvor det er muligt angives trivialbetegnelser og formationsnavne i beskrivelsen af prøverne. Da en sådan angivelse ofte implicit indeholder en tolkning af alder og dannelsesmiljø, placeres denne sidst i prøvebeskrivelsen.

Når der i denne Vejledning henvises til etablerede geologiske formationer, hvis navn indeholder en bjergartsbetegnelse (f.eks. Røsnæs Ler) er ekstra-betegnelsen "Formation" som hovedregel udeladt af sproglige grunde. Første gang en etableret geologisk formation nævnes under den samlede gennemgang af danske aflejringstyper i kapitel 6 og i appendiks 2, er dens status dog angivet med forkortelsen Fm. (f.eks. Røsnæs Ler Fm.). Udbredte lithostratigrafiske navne og trivialbetegnelser for danske aflejringer findes bl.a. angivet i Larsen (2006).

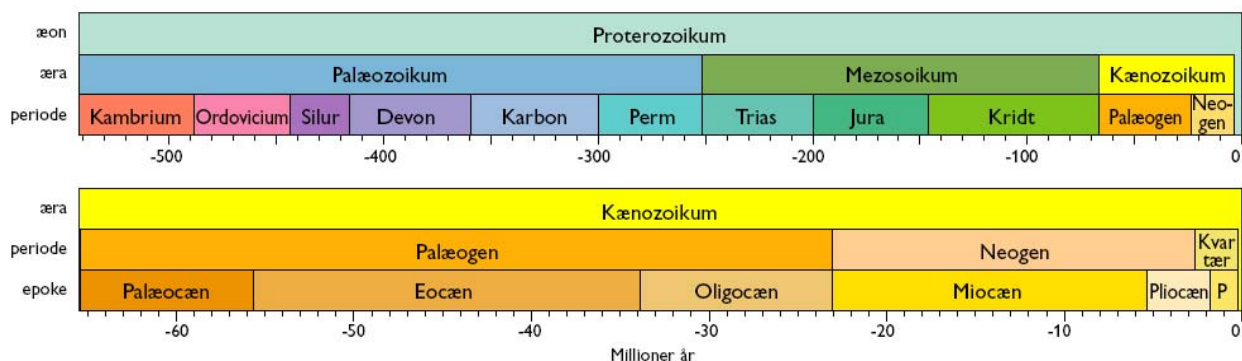
### 5.1.6 Retningslinier for tolkning af dannelsesmiljø og alder

Fastlæggelse af dannelsesmiljø og alder bygger på samtlige observationer, der er gjort under prøvebeskrivelsen. Grundlaget for at tolke aflejringstilstande ud fra prøvens sammensætning er kendskab til de processer, der foregår i dag og giver tilsvarende aflejringer. Beskrivelse af aflejningsprocesser og sedimentter findes blandt andet i Larsen et al. (1995) og beskrives ikke nærmere her.

Tolkning af prøvernes alder bygger på den veletablerede geologiske tidsskala, se figur 5.8.

Skønt tertiærtiden nu formelt er afløst af perioderne Palæogen og Neogen, benyttes denne tidsbetegnelse dog til dels fortsat inden for den anvendte geologi og er således heller ikke "skrevet helt ud" af denne vejledning. Det skal dog anbefales, at man i tolkning af en prøves alder ikke længere benytter betegnelse "Te" for tertiær.

Tilsvarende benyttes betegnelsen Senon, for en del af Øvre Kridt, ikke længere. I stedet benyttes enten epokerne Maastrichtien (Ma), og Campanien (Ca) eller blot perioden Kridt (Kt), hvis man ikke med sikkerhed kan henføre prøven til en af de to epoker.



Figur 5.8: Oversigt over geologiske perioder og epoker. Epokerne underinddeles endvidere i aldre. Eksempelvis er Paleocæn opdelt i Danien, Selandien og Thanetien.

Kvartærtiden inddeles endvidere i en række istider og mellemistider. Typiske danske aflejrings placering inden for disse er skitseret på nedenstående skema, figur 5.9. For en nærmere beskrivelse af kvartærtiden i Danmark henvises til Kronborg (1995) og Houmark-Nielsen et al. (2006).

KVARTÆR	TIDSAFNSNIT	Trivialnavne		Jordarter
		POSTGLACIAL FLANDRIEN  Subatlantisk  Subboreal  Atlantisk  Boreal  Præboreal	<u>Glaciale aflejringer</u>	<u>Marine aflejringer</u>
	SENGLACIAL SENWEICHSEL  Yngre dryas  Allerød  Ældre dryas  Bølling		Grus – sand (strandvolde) silt – ler Gytje – (Cardium gytje)  Tapes aflejringer Littorinaaflejringer Ler, silt, sand, grus          Zirphaea Sand  Yngre Yoldia Ler og Saxicava Sand	Flyvesand  Tørv, gytje, ler, silt, sand, grus  Humusholdige nedskyls- aflejringer,          Humusholdige nedskyls- aflejringer, gytje, tørv, gytje, ler, sand, søkalk  Humusholdige nedskyls- aflejringer, gytje tørv, gytje  Flydejord, tørv, gytje, ler, silt, sand  Tørv, gytje, ler, silt, sand, diatomit, kalkgytje  Flydejord, diatomit, ler
	GLACIAL WEICHSEL  Med interstadialer: Brø- rup, Rødebæk	Moræneaflejringer (-mest -ler og -sand) Smeltevandsaflejringer (alle kornstørrelser)	Skærumhede hav / Ældre Yoldia hav, ler, silt, sand  Cyprinaler – silt – gytje	
	INTERGLACIAL EEM			
	GLACIAL SAALE  Med interstadialer: Vejlb- y I og II	Moræneaflejringer (-mest -ler og -sand) Smeltevandsaflejringer (alle kornstørrelser) Det Blanke Ler		
	INTERGLACIAL HOLSTEIN		Tellinaler, Esbjerg Yoldia Ler, silt, sand, grus, gytje	Diatomit, ler
	GLACIAL ELSTER  Med interstadial: Ølgod	Moræneaflejringer (-mest -ler og -sand) Smeltevandsaflejringer (alle kornstørrelser)		Flydejord, nedskylssand, gytje
	INTERGLACIAL HARRESKOV			Kalkgytje, diatomit, gytje, ler
	GLACIAL MENAP	Moræneler, -sand Smeltevandssand - ler		

Figur 5.9. Stratigrafisk skema for Danmarks kvartære jordarter efter Larsen et al. (1995).

Ved tolkningen henføres sedimenterne til følgende overordnede dannelsesmiljøer og geologiske aldre:

Dannelsesmiljø	Forkortelse
Brakvand	Br
Ferskvand	Fe
Flydejord	Fl
Gletscher	Gl
Marin	Ma
Nedskyl	Ne
Skredjord	Sk
Smeltevand	Sm
Vind	Vi
Vulkansk	Vu

Tabel 5.15. Forkortelser til angivelse af Dannelsesmiljø

Alder	Forkortelse
Postglacial	Pg
Senglacial	Sg
Allerød	Al
Glacial	Gc
Interglacial	Ig
Interstadial	Is
Palæogen	Pa
Neogen	Ne
Miocæn	Mi
Oligocæn	OI
Eocæn	Eo
Paleocæn	Pl
Danien	Da
Kridt	Kt
Maastrichtien	Ma
Campanien	Ca

Tabel 5.16. Forkortelser for hyppigt anvendte aldersangivelser.

Aldrene på de prækvartære bornholmske aflejringer er beskrevet i afsnit 6.1. Tolkningen af aflejringsmiljø og alder angives med forkortelser sidst i prøvebeskrivelsen.

Smeltevandsaflejringer tolkes eksempelvis med forkortelserne Sm/Gc, med mindre de kan henføres til en senlacial dannelse, hvor de da tolkes Sm/Sg. Moræneaflejringer tolkes rutinemæssigt som Gl/Gc.

Er man i tvivl om enten dannelsesmiljø eller alder, kan man angive dette med et "?". Er man for eksempel usikker på, om en sandaflejring fra Vestjylland er aflejret marint eller i ferskt vand, mens det forekommer sikkert, at den er fra Miocæn, kan dette angives som Ma?/ Mi.

Tolkning af alder og aflejringsmiljø samt forvekslingsmuligheder herved beskrives nærmere i kapitel 6.

## 5.2 Hjælpemidler ved prøvebeskrivelsen

I tabel 5.17 gives en kort oversigt over de vigtigste metoder ved almindelig geologisk prøvebeskrivelse, samt de tilhørende hjælpemidler.

METODE	HJÆLPEMIDLER
<b>Se på prøven</b>	Lup Mikroskop I laboratoriet Farvekort
<b>Bedøm størrelsen af synlige korn</b>  Skær i prøven (sammenhængende prøver) Fedt ler har blanke skærerflader. Grovere korn giver strukturer i skæreflader.	Kornstørrelsesglas med sigtede fraktioner Skydelære / lineal Kniv (rimelig skarp uden bølgeskær) Fortrykt kort med kornstørrelser
<b>Bearbejd prøven med fingrene</b> Tilsæt evt. vand. Ler kan i fugtig tilstand trilles i pølser og formes. Det optager vanskeligt vand, snavser fingrene og kan ikke så let skylles af. Silt optager let vand og kan skylles af fingrene.	Vand
<b>Udfør gimpeforsøg</b> Rul en lille pølse af fugtigt prøvemateriale på f. eks. 1 cm's tykkelse (tilsæt evt. vand). Hold derpå i pølsens ender med hver sin hånd. Tryk pølsen sammen og træk derefter med let hånd i de to ender i hver sin retning. Gentag dette flere gange. Hvis pølsen opfører sig om "en harmonika" er der tale om silt.	Evt. vand
<b>Bid evt. i prøver af relativt fedt og uforurenat ler</b> Sand og grovere siltkorn giver knasen mellem tænderne	Gode tænder
<b>Dryp syre på prøven</b> Er prøven kalkholdig vil den bruse.	10 % saltsyre i dryp- eller sprøjteflaske
<b>Skyl prøven gennem en sigte</b> Grove korn samt f.eks. planterester og skaller, der kan fortælle om prøvens dannelse og alder, kan på den måde adskilles fra den øvrige prøve	Sigte, vand
<b>Skyl oversiden af sammenhængende prøver</b> Den finkornede del af prøven vil skylles bort, og grovere korn vil fremstå tydeligere.	Vand
<b>Lad en delprøve reagere med natriumhydroxid (NaOH)</b> Metoden benyttes til at vurdere, om mørkfarvning skyldes et humusindhold i prøven. En lille delprøve anbringes i et glas med NaOH, så den er dækket, og omrøres. Blandingen omrystes og henstår i ca. 24 timer. NaOH opløser humus, og væskens grad af mørkfarvning angiver, om humusindholdet er stort eller lille / fraværende.	NaOH (3 %) og reagensglas eller lign.
<b>Dryp brintoverilte på prøven</b> Metoden anvendes til at vurdere, om en mørkfarvning skyldes et indhold af manganilte i prøven. Manganforbindelser vil give en tydelig brusende reaktion, mens humus kun giver en meget svagt boblende reaktion	10 % brintoverilte

Tabel 5.17. Hjælpemidler ved prøvebeskrivelsen

Man behøver ikke nødvendigvis at være i besiddelse af alle hjælpemidler for at udføre en prøvebeskrivelse. Trænede beskrivere udfører ofte en stor del af beskrivelserne uden andre hjælpemidler end en kniv og saltsyre.

Det er desuden vigtigt at orientere sig om de geologiske forhold i området, hvor der skal bores, inden man tager i felten. I tabel 5.18 findes en oversigt over relevante kort, hjemmesider og publikationer, man med fordel kan konsultere.

Materiale type	Henvisning	Beskrivelse
GIS facilitet med boredata og geologiske kort, hos GEUS	<a href="http://arcims.mim.dk/website/geus/dk/DB/JUPITER">http://arcims.mim.dk/website/geus/dk/DB/JUPITER</a>  <a href="http://www.geus.dk/jupiter/index-dk.htm">http://www.geus.dk/jupiter/index-dk.htm</a>	Boringer i borearkiv med baggrundskort: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Topografi</li> <li>- KMS kort</li> <li>- Jordartskort (1 m. u t.)</li> <li>- Prækvartæroverflade</li> <li>- Dybde/højde forhold</li> </ul> Boredata kan gratis downloades til lokal brug. De geologiske kort kan købes hos GEUS.
Cirkeldiagramkort med boringsoplysninger, (trykte kort).		Disse kort er gode til at danne sig overblik. Men GEUS hjemmeside bør benyttes til at undersøge / tjekke de nye boringer.
Information udarbejdet af afdelingen for grundvandskortlægning, GEUS	<a href="http://gk.geus.info/grundvandskortlaegning/index.html">http://gk.geus.info/grundvandskortlaegning/index.html</a>	Nyheder om arbejdet med kortlægning af grundvandsressourcerne inklusive vejledninger og standarder.
Rapport database hos GEUS	<a href="http://geusjuptest.geus.dk/scripts/modelsvgisapi.dll?project=rapportdb">http://geusjuptest.geus.dk/scripts/modelsvgisapi.dll?project=rapportdb</a>	Database med rapporter udarbejdet ved grundvandskortlægning.
Landskabskort over Danmark	Per Smed 1982, Geografforlaget	Overordnet morfologisk kort, detaljerede landskabelige forhold er ikke altid angivet.
En beskrivelse af områder og lokaliteter med national geologisk interesse	Geologisk Set, bogserie udgivet af Geografforlaget, se <a href="http://www.geografforlaget.dk/default.asp?cid=19682">http://www.geografforlaget.dk/default.asp?cid=19682</a>	Beskrivelser af landskaber og profiler opdelt i lokalområder.
Kort over kalkoverfladens struktur	Ter-Borch, N., 1987: Kalkoverfladens struktur. Skov- og Naturstyrelsen. Havbundsundersøgelsen og Dansk Olie- og Gasproduktion A/S.	
Artikler om dansk geologi m.m.	<a href="http://www.2dgf.dk/">http://www.2dgf.dk/</a>	Dansk Geologisk forening. P.t. scannes ældre publikationer. (kræver medlemskab af foreningen). Der findes "klassiske" områdebeskrivelser for det meste af landet.
Oversigt over begravede dale	<a href="http://www.begravede-dale.dk/">http://www.begravede-dale.dk/</a>	Hjemmeside for projekt til kortlægning af begravede dale i Danmark med bl.a. oversigtskort over kortlagte dale.
Fund og fortidsminder	<a href="http://www.dkconline.dk/">http://www.dkconline.dk/</a>	Giver adgang til gamle målebordsblade i store udsnit.
Kort og matrikelstyrelsen	<a href="http://www.kms.dk">www.kms.dk</a>	Giver adgang til at sammenligne forskellige målebordsblade.
Danmarks Miljøportal	<a href="http://kort.areal.info.dk/">http://kort.areal.info.dk/</a>	Giver adgang til administrative temaer, f.eks. oplysninger om drikkevandsområder.

Tabel 5.18. Kilder til geologiske baggrundsoplysninger.



### 5.3 Skema til prøvebeskrivelse

Et prøvebeskrivelsesskema skal dels kunne håndteres i felten dels kunne rumme mange forskelligartede, detaljerede oplysninger på en struktureret måde, så oplysninger ikke udelades. For at imødekomme dette er der udviklet et skema på A3 format, se bilag 2. Foruden en række basisoplysninger om boringen samt selve prøvebeskrivelsen, der er kernen i skemaet, rummer det en serie ekstra felter, som så vidt muligt bør udfyldes (se tabel 5.19). Skemaet bør anvendes sammen med en dagsrapport/borelog. En del af oplysningerne i skemaet kan kun registreres i forbindelse med fuldtidstilsyn på borearbejdet. Skemaet anbefales benyttet både i felten og ved den efterfølgende digitale renskrivning. Skemaet, der vil kunne hentes på GEUS hjemmeside, forventes på sigt at overgå fra det nuværende Excel format til MS Access, så oplysningerne lettere kan indlæses i Jupiter og andre databaser.

Felt navn	Forklaring
Boremethode	Er afgørende for vurdering af prøvekvaliteten.
Borehoved	Her angives hvilken type borehoved der er anvendt, og i hvilken dybde(r). F.eks. "Snegle: 0-6 mut, vingemejsel: 6-59 mut, rullemejsel: 59-71 mut. o.s.v.
Gennemsnitlig prøvestørrelse	Særligt ved beskrivelse af jordprøverne i laboratoriet kan det være væsentligt, om prøven har været på få hundrede gram eller på adskillige kilo.
Laggrænse	Påføres hvis det er muligt inden for et prøveinterval at skønne en omtrentlig laggrænse. Skønnet baseres på observationer fra selve nedboringen og kræver derfor enten, at brøndborener noterer disse, eller at der er fuldtidstilsyn under borearbejdet.
Klokkeslæt	Det er givtigt at notere klokkeslæt for f.eks. hvert skift af borestang eller ved start og stop af pauser. Herved sikrer tilsynet sig oplysninger om borearbejdets fremdrift. Det kan være væsentligt i forbindelse med beskrivelse af jordprøverne, at vide om boreriggen har stået længe og arbejdet på f.eks. at komme igennem et stenlag eller et kompakt siltlag.
Cuttings	Cuttings er mere eller mindre intakte stykker af det opborede materiale. Det er af stor betydning for prøvebeskrivelsen, om der beskrives cuttings eller løst materiale.
Redox	Redoxforhold bedømmes bedst i felten og på friske prøver. Der er tale om en helt overordnet visuel vurdering af farveskift. Grænsetilfælde kan være vanskelige at fastsætte. En vurdering i felten lettes, idet prøverne ses i sammenhæng (lagt op i rækkefølge), hvorved nuanceforskelle lettere afsløres.
Rullemenuen "Vælg"	Rullemenuen indeholder "farve (skyllevand)", "coating", "H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ", "fugtighed" og "andet". <i>Farven på skyllevandet</i> kan være en god indikator for redoxforholdene. Specielt for grove sedimenter hvor egenfarven (de enkelte korns farve) er meget dominerende. Farven bedømmes ved at opslæmme en lille delprøve i en bakke med rent vand eller i et reagensglas der holdes op mod en hvid baggrund. Vandets farve vil derved ofte afsløre redoxforholdene i sedimentet. <i>Coatings</i> bestemmes med lup eller mikroskop på større partikler. Coating kan bl.a. forekomme som røde jernoxider og sorte manganudfældninger, der er indikative for redoxforholdene i sedimentet. Ved skylleboringer kan coatings dog blive skyllet af i forbindelse med prøvematerialets vej op gennem borestammen. De øvrige parametre er beskrevet andet steds i denne vejledning.
Trivialbetegnelse	I feltet "trivialbetegnelse" findes en rullemenu med hovedparten af trivialbetegnelserne for danske aflejringer (Kertemind Mergel, Røsnæs Ler osv.). Dette felt udfyldes kun, hvis man føler sig sikker på den pågældende tolkning.
Note	Her angives observationer, som har relevans for prøvebeskrivelsen. Det kan f.eks. være, hvis en jordprøve ser mærkelig ud, eller der er anført en stor sten, eller der er observeret boretekniske forhold, som vurderes at have indvirkning på jordprøvens kvalitet.
Jordprøver	Her afkrydses hvilken type jordprøver, der er udtaget.
Filtre og afpropning	Her kan afkrydses hvilke intervaller af lagserien, der er filtersat hhv. afproppet.

Tabel 5.19. Information om særlige felter i prøvebeskrivelsesskemaet

## **5.4 Kvalitetssikring af prøvebeskrivelserne**

Med henblik på kvalitetssikring af og efterfølgende indberetning af prøvebeskrivelserne anbefales det, at de renskrives i en digital udgave af prøvebeskrivelsesskemaet. Ved længerevarende borearbejder gøres dette løbende for at sikre, at væsentlige oplysninger ikke er udeladt. Efterfølgende kvalitetssikres prøvebeskrivelsen af en erfaren geolog, som ikke selv har udført beskrivelsen. Ved kvalitetssikringen skal man bl.a. lægge vægt på, at der ikke er modstrid mellem beskrivelser og tolkninger, og at alle oplysninger er til stede. Dato og den kvalitetssikrende geologs initialer angives i skemaet. Tilsvarende renskrives og kvalitetssikres dagsrapporter om borearbejdets fremdrift

## **5.5 Indberetning af data fra grundvandsboringer**

### **5.5.1 Den lovpligtige indberetning**

I henhold til vandforsyningsloven og råstofloven af 2007 samt bekendtgørelse om udførelse og sløjfning af boringer og brønde på land af 2007 skal alle informationer, data og boreprøver fra grundvandsboringer (undersøgellesboringer, prøveboringer og boringer til kortlægning) og råstofboringer indberettes til GEUS. Det er almindeligvis landets brøndborere, som indberetter boringerne, men det kan også være konsulentfirmaer og offentlige institutioner. Borejournaler og data tilgår Borearkivet ved GEUS, mens prøver sendes til Boreprøvelaboratoriet på GEUS, (Gravesen, 1993). Efter behandling lagres alle informationer i GEUS centrale boringsdatabase Jupiter.

### **5.5.2 Beskrivelse af prøver på GEUS**

I Boreprøvelaboratoriet modtages og behandles årligt mellem 16.000 og 18.000 boreprøver. Prøverne, der beskrives geologisk, stammer fra alle typer vandforsyningsboringer, fra overvågnings- og monitoringsboringer, fra råstofboringer samt fra et mindre antal videnskabelige boringer. Beskrivelsesmetoden følger Larsen et al. (1995) og Gravesen et al. (2004), men er blevet udviklet på GEUS gennem de sidste 30 år. Den lithologiske beskrivelse og de stratigrafiske data bestemmes i et omfang ved beskrivelsen, som kan ses i Gravesen og Fredericia (1984). Beskrivelsen indlæses direkte i Jupiterdatabasen fj. retningslinierne i samme reference samt de tilretninger, der de senere år er sket i Jupiterdatabasen. GEUS medarbejdere, der beskriver boreprøverne, understøttes af de mange eksperter indenfor sedimentologi og stratigrafi, som er ansat på GEUS. Beskrivelsen tilstræbes et ensartet præg ved at, de samme personer forestår beskrivelsen, samt at den indlæses direkte i databasen. Denne fremgangsmåde sikrer endvidere, at prøverne er tilgængelige og kan inddrages i kommende forskningsprojekter på GEUS.

### **5.5.3 Indberetning af prøvebeskrivelser foretaget i felten**

Nærværende Geo-Vejledning skal ses som et supplement til boreprøvebeskrivelsen på GEUS, da beskrivelse af de friske jordprøver i felten kan give en række ekstra informationer, der er vigtige ved den senere tolkning og brug af boredata, f.eks. ved den igangværende kortlægning af grundvandsressourcerne. Feltundersøgelserne skal dog ikke erstatte den beskrivelse, som foretages i Boreprøvelaboratoriet, hvorfor den almindelige indberetningsprocedure til GEUS skal følges. Boreentreprenøren foretager den lovpligtige indberetning af jordprøverne efter, at borearbejdet er afsluttet, og det anbefales, at tilsynet efter aftale med rekvirenten fremsender de kvalitetssikrede beskrivelser digitalt til GEUS. Herved kan de observationer og tolkninger, der er gjort i felten, indgå i den endelige bedømmelse af prøverne på GEUS og gøres tilgængelige via Jupiter.



## 6. Typiske kendetegn for danske bjergarter og aflejringer

God prøvebeskrivelse kræver i høj grad systematik og erfaring. I det foregående kapitel blev systematikken introduceret. Rigtig tolkning af prøvernes aflejningsmiljø og alder kræver desuden, at man sætter sine observationer ind i den rette geologiske sammenhæng.

I dette kapitel gives en oversigt over de bjergarter / aflejringer, der almindeligvis træffes ved borearbejde efter grundvand i Danmark. Der gives samtidig nogle tommelfingerregler for, hvordan en given jordart kan skelnes fra lignende jordarter i lagserien. Desuden redegøres der for, hvordan prøver fra de enkelte aflejringer typisk ser ud ved de boremetoder, der normalt benyttes til grundvandsboringer.

Med de store variationer der forekommer i de danske jordarter, er det klart, at en oversigt som denne er udtryk for en forenkling, og at der er en række undtagelser. Reglerne bør derfor altid anvendes sammen med en vurdering af de lokale geologiske forhold, d.v.s. landskabsformerne og øvrige geologiske oplysninger om lokaliteten. Der kan aldrig gives 100 % entydige regler for bestemmelsen af jordlagenes alder. Fejlforklaringer vil altid kunne forekomme.

Oversigten omfatter dels de særlige prækvartære bjergarter, der træffes på Bornholm, dels de almindeligst forekommende aflejringer i det øvrige Danmark fra Øvre Kridt og frem. Detaljeringsgraden er størst for de unge (kvartære) aflejringer, hvor man møder den største variation. De palæogene aflejringer over Danienskalken udviser derimod meget ensartede karakteristika i store dele af landet, hvilket gør, at man ved identifikation af bestemte sedimentenheder kan opnå en god stratigrafisk niveaubestemmelse i den enkelte boring. Med henblik på at kunne foretage en så præcis aldersbestemmelse af de palæogene sedimentter som muligt, er der derfor vedlagt en bestemmelsesnøgle for udvalgte palæogene sedimentter i appendiks 1 og en uddybende beskrivelse af de palæogene sedimentenheder og tolkning af deres aflejningsmiljøer og stratigrafi i appendiks 2.

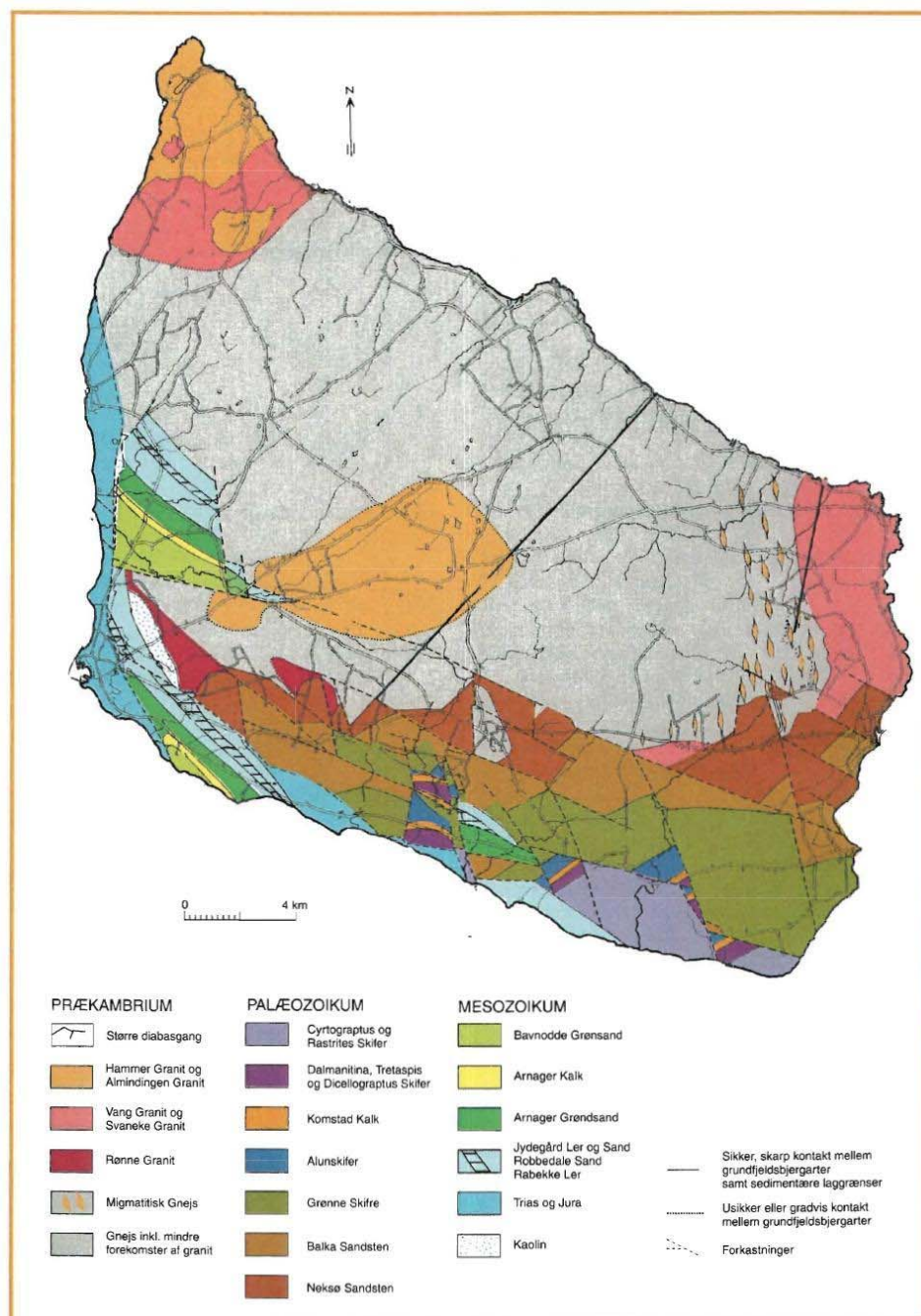
Når der i kapitlet henvises til etablerede geologiske formationer, hvis navn også indeholder en bjergartsbetegnelse (f.eks. Røsnæs Ler) er ekstra-betegnelsen "Formation" som hovedregel udeladt af sproglige grunde, i lighed med Larsen (2006). Første gang en formation nævnes er dens status dog angivet med forkortelsen Fm. (f.eks. Røsnæs Ler Fm.).

Kapitlet bygger delvist på undervisningsnoter, der oprindeligt er udarbejdet af geologerne Mikael Jørgensen og Rud Friborg til brug ved efteruddannelse på Horsens Teknikum, (Jørgensen og Friborg, 1989). Brug af dette materiale er sket med forfatternes tilladelse. Desuden har statsgeolog Peter Gravesen (GEUS) og geolog Joachim Raben-Levetzau (Miljøcenter Roskilde) bidraget ved beskrivelsen af henholdsvis de prækvartære bjergarter på Bornholm og sedimentterne i Lellinge Grønsand Formationen.

## 6.1 Prækvarter bjergarter og aflejringer fra Bornholm

Bornholms prækvarter bjergarter repræsenterer ældre tidsafsnit, som i grundvandsboringer kun nås i denne del af Danmark. Aflejringer fra Øvre Kridt træffes dog ikke kun på Bornholm, men de bornholmske lag fra denne periode er ældre end de aflejringer, der træffes i det øvrige Danmark.

Da de enkelte bjergarter findes inden for velafgrænsede områder, der til dels er styret af forkastninger i undergrunden, er prækvarterkortet over Bornholm en vigtig indledende hjælp til identifikation af bjergarterne. Desuden vil fossil- og sedimentanalyser ofte være nødvendige. Bornholms geologi findes bl.a. nærmere beskrevet i Gravesen (1996).



Figur 6.1. Bornholms undergrund. Fra Bruun-Petersen et al. (1977).

### 6.1.1 Prækambrium

På den nordlige og centrale del af Bornholm udgøres prækvartæret af hårde, krystalline grundfjeldsbjergarter fra prækambrium. Den bornholmske GNEJS er ældst og mest udbredt. Det er en lys grå eller rødgrå bjergart, der typisk udviser sribning (foliation). Stedvis fremstår gnejsen dog mere båndet, det vil sige opdelt i bredere bånd med forskellig mineralogi og farve.

Paradisbakke Migmatit fra det østlige Bornholm er en blandingsbjergart, hvor der i en mørkegrå gnejs findes udbredte årer af lys granit. Migmatiten er blandt de ældste bjergarter på Bornholm.

De øvrige grundfjeldsbjergarter udgøres overvejende af granitter med forskellige udseende og lokale navne. Hammer Granit, Svaneke Granit, og Vang Granit, er som oftest lyse rødgrå. De findes bl.a. nærmere beskrevet i Gravesen (2006). Rønne Granit er homogen, mørkegrå til sort, stedvis med et rødligt skær. Stærkt forvitret granit findes langs den østlige rand af Rønne Granittens udbredelsesområde, se figur 6.1. Fuldt omdannet fremstår forvittringsproduktet som blødt, hvidt ler (kaolin). Stedvist findes langs randen også mindre omdannede partier.

I grundfjeldet ses endvidere ofte gangbjergarter. Dels findes rødlige gange af PEGMATIT og APLIT, der henholdsvis er grovkornede og finkornede og begge har en granitisk sammensætning. Dels findes mørke, finkornede gangbjergarter af DIABAS, der er domineret af feldspat og mørke mineraler.

*Forvekslingsmuligheder:* De lyse grundfjeldsbjergarter ligner hinanden og kan i deres indbyrdes grænseområder være vanskelige at skelne fra hinanden, især hvis prøvekvaliteten er dårlig. Kort over de prækvartære bjergarter kan være en indledende hjælp

*Prøve fra trykluftboring:* Boringer i grundfjeldet bliver almindeligvis udført med trykluft, hvilket betyder, at bjergarterne nedknyttes, ofte helt ned til sandstørrelse.

### 6.1.2 Kambrium

De kambriske sedimenter består dels af sandsten fra Tidlig Kambrium dels af sort skifer med indslag af kalksten fra Mellem og Sen Kambrium. Bjergarterne findes under kvartære aflejringer på den sydøstlige del af øen og under yngre prækvartære aflejringer mod sydvest.

Nexø Sandsten Fm. er ældst. Det er en rødlig, mellem til grovkornet og stærkt hærdnet sandsten med indslag af endnu grovere korn. Ved basis ses ofte et konglomerat. Farven skyldes dels korn af rød kalifeldspat dels belægning med det røde jernmineral hæmatit. Sandstenen tolkes aflejret af henholdsvis vandløb og vind tæt ved et kildeområde med blotlagt grundfjeld. Direkte over Nexø Sandsten findes Balka Sandsten, (der nu formelt

tilhører Hardeberga Sandsten Fm.). Det er en mellemkornet, kvartsrig, hvid til lysegrå sandsten, som i enkelte lag indeholder det grønlig lermineral glaukonit. Balka Sandsten er som regel meget stærkt hærdnet (H5). Den er aflejret marint på lavt vand og indeholder bl.a. bølgeribber samt lodrette gravegange efter ormeligende bunddyr. Opadtil går Balka Sandsten over i en grågrøn, lagdelt, finkornet sandsten med mange siltlag. Denne sandsten indeholder glaukonit og stedvist knolde af fosforit og bærer præg af kraftig bioturbation. Sandstenen tolkes aflejret marint på en vis vanddybde. Opadtil går den finkornede sandsten over i en mere grovkornet, kvartsrig sandsten, med velafrundede korn og et stort indhold af fosforit i den øvre del, kaldet Rispebjerg Sandsten. Rispebjerg Sandstenen tolkes aflejret marint og kystnært. Tilsammen udgør de to sandsten Læså Formationen.

Over Rispebjerg Sandsten træffes mange steder en sort skifer (Alun Skifer) fra Mellem og Sen Kambrium. I bunden af skiferen ses to tynde lag af grå, lerholdig kalksten, med et karakteristisk indhold af fossiler, se Buchardt (2006). Samlet udgør denne lagserie Alun Skifer Formation. Skiferen er mørkebrun til sort, fint lamineret og har et stort indhold af organisk materiale. I uforvitrede prøver hænger skiferen sammen og indeholder friske korn af pyrit. Ved forvitring sprækker den op i papirtynde skiferblade og får en belægning af gule, oxiderede jernforbindelser. I skifrene optræder sorte kalkstenskonkretioner ("Antrakonit Boller").

*Forvekslingsmuligheder:* Sandstenene kan forveksles med hinanden. Det gælder især i grænseområdet mellem de røde og hvide sandsten på Bornholms østkyst. Da sandstenene bliver nedknust ved trykluftboring, ofte til sandstørrelse, kan de være vanskelige at adskille. Skifer og kalk bliver også nedknust og kan forveksles med tilsvarende sedimentter fra Ordovicium.

*Prøve fra trykluftboring:* Sedimenterne bliver almindeligvis knust ned ved trykluftboring, hvilket gør en identifikation vanskelig.

### 6.1.3 Ordovicium

Aflejringen af Alun Skifer fortsatte ind i Tidlig Ordovicium. Over Alun Skifer Formationen træffes den såkaldte Komstad Kalk Fm. fra den yngste del af Tidlig Ordovicium. Det er en bænket lysegrå til mørkegrå, finkornet kalksten, som er rig på fossiler. Karakteristisk er bl.a. de cylinderformede, kammerdelte kalkskaller af orthoceratitter, der var en primitiv art af blæksprutter. De enkelte bænke er hårde og uden intern lagdeling, og er adskilt af smågrubede, vandrette opløsningsflader. Den nederste bænk, der tidligere blev benævnt Skelbrokalk, indeholder forforitiserede stykker af Alun Skifer

Over Komstad Kalken findes de såkaldte graptolit skifre fra Sen Ordovicium og Silur. Umiddelbart over kalken er der i borerne truffet et konglomerat af fosforit, som efterfølges af adskillelige lag af bentonit, der er forvitrede rester af vulkanske askelag. Herover kommer Dicellograptus Skifer, der er lysere og har et mindre indhold af organisk materiale og pyrit end Alun Skifer. Skifrene derover er lysebrune og mere siltede og sandede. De betegnes hhv. Tretaspis Skifer og Dalmanitina Skifer efter fossil-indholdet og tilhører Lindegård Formationen.



*Forvekslingsmuligheder:* Alunskiferen kan forveksles med de kambriske skiferlag. De yngre ordoviciske skifre kan være vanskelige at adskille fra nogle af de silure skiferlag.

*Prøve fra trykluftsboring:* Sedimenterne bliver nedknust ved trykluftboring, hvilket gør en identifikation vanskelig.

#### **6.1.4 Silur**

De silure aflejringer består primært af mørkegrå, brun og sort skifer (graptolitskifre) med talrige meget tynde siltlag. Der ses endvidere få tynde bentonitlag og indslag af tuf-sandsten. Kalklag, der er udfældet kemisk, er almindelige i dele af de silure skifre.

*Forvekslingsmuligheder:* Nogle af skiferlagene kan forveksles med ordoviciske skiferlag.

*Prøve fra trykluftsboring:* Sedimenterne bliver nedknust ved trykluftboring, hvilket gør identifikation vanskelig.

#### **6.1.5 Trias**

På Bornholms sydkyst findes aflejringer fra Øvre Trias tilhørende Risebæk Leddet. De består af fedt grønt og rødt ler med kalknoder. Leret indeholder også indslag af løse, grå-hvide sandsten og siltsten samt tynde konglomerater med kalknoder og lerrullesten. Sedimenterne tolkes aflejret i lavvandede søer og flodsletter under tørre og varme forhold.

*Forvekslingsmuligheder:* Det grønne ler kan forveksles med lerlag fra Nedre Kridt, men identificeres normalt efter den geologiske sammenhæng.

*Prøve fra skylleboring:* Lerlagene vil give prøver med gode cuttings i skylleboringer. Boremetoden giver normalt også gode prøver af de mere sandede lag.

#### **6.1.6 Jura**

Aflejringer fra Tidlig og Midt Jura findes i et bælte langs sydvest- og vestkysten af Bornholm, se figur 6.1. Aflejringerne tilhører Rønne, Hasle og Bagå Formationerne. De består af en række forskellige, ofte vekslende sedimenter indeholdende sand, sandsten, silt, siltsten, ler, kul, grus, konglomerater og stedvis kaoliniserede granitblokke.

Generelt er aflejringerne dels afsat i søer, moser og floder nær kysten, dels kystnært marint under påvirkning af tidevand. De limnisk sediment indeholder ofte plantefossiler og rodhorisonter.

Som tidligere nævnt findes langs Rønne Granittens østlige rand hvid kaolin, der formodentlig er dannet i Jura ved forvitring af granitten. Aflejringerne fra Jura er nærmere beskrevet af Gravesen (1996) og Surlyk (2006).

*Forvekslingsmuligheder:* Sedimenterne inden for de forskellige del af tidsafsnittet kan forveksles med hinanden, lige som nogle sedimenttyper kan forveksles med aflejringer fra Nedre Kridt.

*Prøve fra skylleboring:* De tykkere lag med finkornede sedimenter giver gode cuttings, ligesom de fleste sandlag vil give rimelige prøver. I de dele af lag-søjlen hvor lagtyperne veksler meget, vil boremetoden resultere i prøver med blanding af lagene.

### 6.1.7 Nedre Kridt

Sedimenter fra Nedre Kridt findes primært på det sydvestlige Bornholm samt enkelte steder langs sydkysten, se figur 6.1. Aflejringerne består nederst af en vekslende, limnisk serie af kaolinholdigt sand og sandsten, der opad går over i grønne og grå lerlag (Rabekke Formationen). Der over følger op til 40 m velsorteret kvartsrigt sand og grus med gravegange og marine fossiler. Disse tolkes aflejret på en barriereø ud for kysten, og tilhører Robbedale Formationen. Over Robbedale Formationen findes stedvist en serie, der nord for Rønne består af gråt ler med enkelte sandlag. Ved sydkysten er de tilsvarende aflejringer mere sandede. Aflejringerne, der repræsenterer Jydegård Formationen, tolkes aflejret i en lagune mellem kyst og barriereø.

*Forvekslingsmuligheder:* Sedimenterne inden for de forskellige dele af tidsafsnittet kan forveksles med hinanden. Nogle lagtyper kan desuden forveksles med lag fra Jura.

*Prøve fra skylleboring:* De tykkere lag med finkornede aflejringer giver gode cuttings, mens sandlag m.v. giver rimelige prøver. Prøverne, fra de afsnit hvor tynde lag veksler meget, giver blandede sedimenttyper.

### 6.1.8 Øvre Kridt

Fra Øvre Kridt findes aflejringer fra tre tidsafsnit, men ikke fra det alleryngste Kridt. Sedimenterne findes primært på det sydvestlige Bornholm samt enkelte steder langs sydkysten, se figur 6.1.

Over et bundkonglomerat med glaukonit og fosforit findes op til 85 m grågrønt glaukonitholdigt, bioturberet kvartssand, som udgør Arnager Grønsand Fm.

Over endnu et bundkonglomerat følger Arnager Kalk Fm., der er en ca. 20 m mægtig gråhvid kalkaflejring med en bølget lagdeling, som bedst ses i våd tilstand. Kalken indeholder små kugler af kisel mens flintknolde er sjældne. Arnager Kalk overlejres af Bavnodde

Grønsand, der består af glaukonitholdigt, bioturberet, leret sand, der er rigt på marine fossiler, og indeholder partier af hærdnet sandsten.

*Forvekslingsmuligheder:* Glaukonitholdige sandaflejringer fra de forskellige dele af Øvre Kridt kan forveksles. De to konglomerater kan i boreprøver være vanskelige at skelne fra hinanden, selv om den stratigrafiske placering normalt vil give rigtig identifikation.

*Prøve fra skylleboring:* Prøver fra skylleboringer vil almindeligvis være gode. De hårdere lag giver rimelige cuttings.

## 6.2 Aflejringer fra Kridt eksklusiv Bornholm

### 6.2.1 Øvre Kridt

#### Kalk

Kalkaflejringer fra Øvre Kridt udgøres i det vestlige Danmark primært af såkaldt skrivekridt (slamkalk). Skrivekridtet træffes umiddelbart under kvartære sedimenter i det nordlige Jylland samt på Lolland, Falster og Sydsjælland, se figur 6.2. Hærdningsgraden varierer fra uhærdnet til hærdnet, men optræder normalt som svagt hærdnet. Skrivekridt er meget fin-kornet og har hyppigt et indhold af fossiler og sort flint. Skrivekridt er normalt hvidt, men det kan også have lysegrå og gullige nuancer. Det kan normalt skrives på hænder, bukser o. lign. For yderligere beskrivelser af kalkaflejringer henvises til Thomsen (1995).

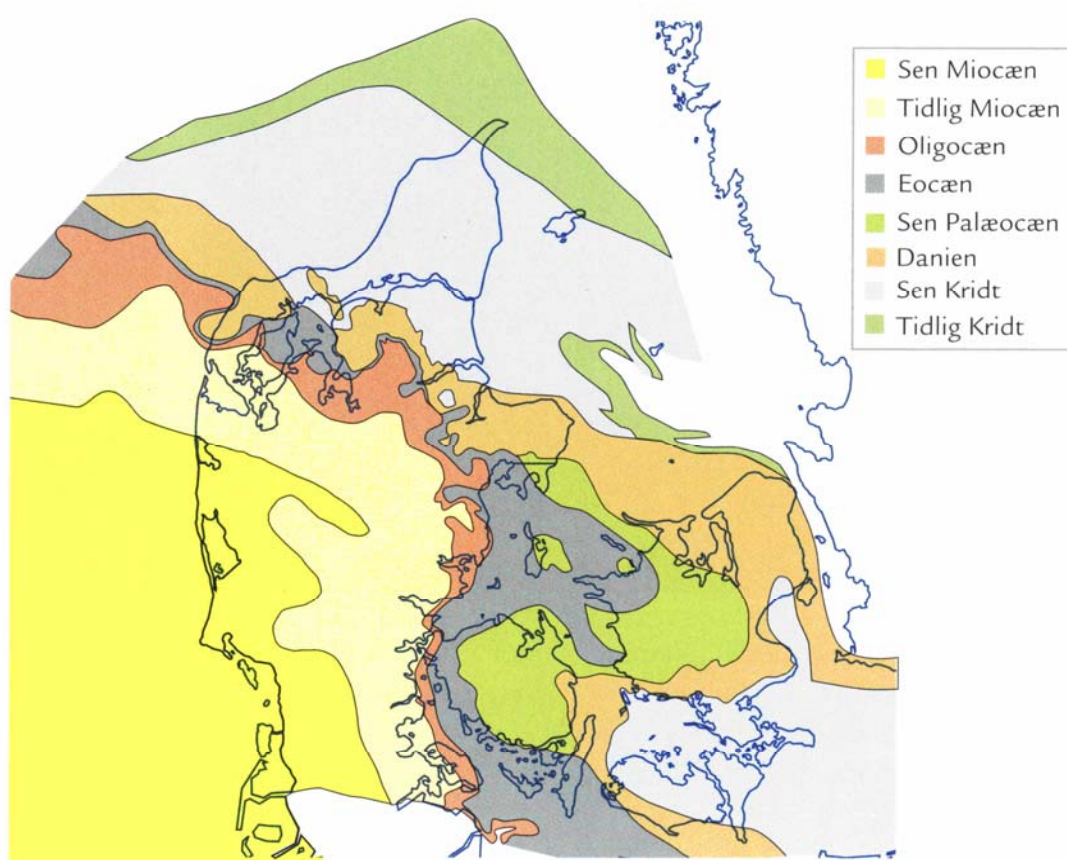
*Forvekslingsmuligheder:* Kalk fra Øvre Kridt kan forveksles med søkalk og kildekalk af kvartær alder samt med kalk af Danien alder. Det kan ofte kendes fra Danienkalk ved en finere kornstørrelse og en svagere hærdningsgrad. Endvidere er det normalt lysere i farven end Danienkalk.

*Prøve fra skylleboring:* Boremudderet vil som regel skifte til en lysere farve, når kalken anbores. Endvidere vil det som regel kunne høres på boreriggen. (Borearbejdet stoppes dog ofte, når kridtet anbores, for at kunne etablere casing i boringen).

Skrivekridt nedknares oftest i skylleboringer, således at der ikke findes egentlige faste cuttings i prøven. Eventuelle flintlag kan nedknares til grusstørrelse. Derfor vil prøver fra kridtaflejringer ofte kun bestå af knust flint, idet det fine kalkslam er blevet opslæmmet i boremudderet, og derfor ikke bliver repræsenteret i prøven.

### 6.3 Aflejringer fra Palæogen og Neogen (tertiærtiden)

Ved bestemmelse af palæogene og neogene sedimenter kan man med fordel indledende orientere sig på et kort over fordelingen af de prækvartære aflejringer, da en del af disse aflejringer ved normal boreddybde kun træffes indenfor relativt begrænsede geografiske områder, se figur 6.2. Nær grænsen mellem to typer af aflejringer, mødes dog ofte lokale variationer, som ikke fremgår af kortet. Til en indledende vurdering af, i hvilken dybde prækvartæret træffes, kan man med fordel endvidere konsultere kort over prækvartærets højdeforhold (DGU, 1993), som bl.a. findes gengivet i Houmark-Nielsen et al. (2006), figur 13-18.



Figur 6.2. Geologisk kort over den danske undergrund.  
Fra Rasmussen (2006), efter Håkansson og Pedersen (1992).

#### 6.3.1 Aflejringer fra Paleocæn og Eocæn

##### Danien Kalk Fm.

Kalkaflejringer fra Danien udgøres af bryozokalk, kalksandkalk, slamkalk eller sjældnere af koralkalk. Hærdningsgraden veksler fra uhærdnet til stærkt hærdnet, hvor bryozokalken og koralkalken oftest er hærdnet. Det indeholder hyppigt fossiler og grå flint. Kalkens farve er hvid til lysegrå. For nærmere beskrivelse af Danien Kalk henvises til appendiks 2 samt til Thomsen (1995) og Heilmann-Clausen (2006).

*Forvekslingsmuligheder:* Danienkalk kan forveksles med kalk fra Øvre Kridt, søkalk og kildekalk fra Kvartærtiden. Det indeholder ofte mange bryozøer og kan i disse tilfælde skelnes fra skrivekridt.

*Prøve fra skylleboring:* Boremudderet vil som regel skifte til en lysere farve, når kalken anbores. Endvidere vil det som regel kunne høres på boreriggen. (Borearbejdet stoppes dog ofte, når kalken anbores, for at kunne etablere casing i boringen).

Danienkalk nedknuses oftest i skylleboringer, således at der ikke findes egentlige faste cuttings i prøven. Eventuelle flintlag kan nedknuses til grusstørrelse. Derfor vil prøver fra Danienkalk mange gange kun bestå af knust flint samt eventuelt bryozøer, idet det fine kalkslam er blevet opslemmet i boremudderet, og derfor ikke bliver repræsenteret i prøven.

### **Lellinge Grønsand Formation**

Lellinge Grønsand Formation, der træffes på Sjælland, udgør én samlet geologisk formation, der består af Grønsandsbundkonglomerat, Grønsandskalk, Grønsandsler og Grønsand. Sedimenterne er overordnet kendetegnet ved ofte at indeholde glaukonit.

Grønsandsbundkonglomeratet og grønsandskalken består hovedsageligt af sammenkittede skalrester og kalksandspartikler med glaukonit, og de fremstår som en hård, grønlig-grå kalksten. Grønsandsleren kan karakteriseres som en silt- og finsandsholdig leraflejring med glaukonit, der er stærkt kalkholdig. Grønsandet består af løst kalksand eller kalkfattigt kvartssand, der er glaukonitholdigt og fremstår grønlig-grå. Der forekommer ofte flintlignende forkislinger i grønsandet. Grønsandet træffes primært i Københavnsområdet, hvor der desuden hyppigt forekommer et Grønsandsbundkonglomerat ved overgangen til Danienkalken.

Lellinge Grønsand Formationen kan antage betydelige tykkelser, og ses med en mægtighed på op til 160 meter på Vestsjælland. Formationen er relativt sammenhængende og kan i borehulslogs ofte korreleres over store dele af Midtsjælland. Internt i formationen optræder dog tit en kraftig vekslen, der kan gøre det vanskeligt at vurdere den rumlige udbredelse af de forskellige sedimenttyper. Formationen har stor betydning for grundvandsindvindingen mange steder på Sjælland, og udgør et komplekst lagdelt grundvandsmagasin bestående af "højtydende" ferskvandsholdige partier, der adskilles af tætte kalklag ("mergelag") samt afsnørede partier med saltvand. De adskilte dele af magasinet kan have stærkt varierende grundvandspotentiale.

*Forvekslingsmuligheder:* Grønsandskalken kan forveksles med Danienkalk, men er dog oftest mere grønlig grå og indeholder mere glaukonit. Grønsandsleren kan forveksles med Kertemindemergel og kan i visse tilfælde også forveksles med smeltevandssler. Det sidste kan afklares med en foraminiferanalyse.

### **Stærkt kalkholdigt ler ("mergel")**

Ler med et kalkindhold på over 45 % blev tidligere betegnet som mergel. Det stærkt kalkholdige ler er meget finkornet og kan antage grålige til hvidlige samt svagt brunlige farver.

Kerteminde Mergel Fm. fra Paleocæn fremstår oftest som lysegrå og siltet og indeholder mange hårde, forkislede horisonter. Søvind Mergel Fm. fra Eocæn kan have et blåligt eller et grønligt skær.

Stærkt kalkholdigt ler bruser oftest meget kraftigt med saltsyre, men er prøven udtaget på grænsen til kalkfrit ler, kan der være en glidende overgang, hvor kalkindholdet er begrænset. For nærmere beskrivelse af det stærkt kalkholdige ler fra Paleocæn og Eocæn henvises til appendiks 1 og 2.

*Forvekslingsmuligheder:* Søvind Mergel er mere fed end Kerteminde Mergel, der er siltet og endvidere ofte indeholder forkislede partier. Begge aflejringer kan forveksles med smeltevandsler, der dog ofte har en tydelig lagdeling, og kan indeholde grovere korn. Smeltevandsler er desuden ofte mørkere i farven, med grålige nuancer. Smeltevandsler bruser desuden sjældent meget kraftigt ved tilsætning af saltsyre.

*Prøve fra skylleboring:* Når stærkt kalkholdigt ler anbores vil boremudderet ofte skifte til en lysere farve. Prøver af stærkt kalkholdigt ler indeholder ofte gode cuttings, men de bliver lettere disintegreret end fedt ler i forbindelse med brug af rullemejsel.

### **Ler**

Ler fra Paleocæn og Eocæn stammer hovedsageligt fra en af følgende formationer: Æbelø Formationen, Holmehus Formationen, Ølst Formationen, Røsnæs Ler Formationen og Lillebælt Ler Formationen, se appendiks 2. Det er som hovedregel meget fedt ler, der ikke knaser ved bid. Leret antager grå, grønne, røde og blålige eller sorte farver. Det kan indeholde forskellige konkretioner, og kan være både kalkholdigt og kalkfrit. Flere af formationerne indeholder karakteristiske askelag. Der ses stedvis glideflader i leret, specielt i den øverste del, der ofte har været udsat for glacialtektonisk deformation. Glideflader er blanke, let sribede flader, langs hvilke der er sket en forskydning. Er der mange af disse flader i en prøve samt eventuelt grovere korn af f.eks. sand og grus, skal man være opmærksom på, at prøven kan stamme fra en flage, og altså ikke udgør faststående aflejringer. For nærmere beskrivelse af aflejringerne i de enkelte paleocæne og eocæne formationer henvises til appendiks 1 og 2.

*Forvekslingsmuligheder:* Ler fra Paleocæn og Eocæn kan i sjældne tilfælde forveksles med meget fed moræneler, hvis prøven er stærkt omrørt og sammenblandet med grovklastisk materiale. Desuden kan det forveksles med ler fra Oligocæn, smeltevandsler og marint interglacialt ler.

Generelt er de øvrige lertyper ikke så fede som de palæogene lere, og de knaser som regel ved bid i prøverne. Undtagelsen herfra er ler fra Nedre Oligocæn, der i modsætning hertil som regel er svagt glimmer- og glaukonitholdigt. De grønne, røde og blålige

farver findes normalt ikke i leraflejringer fra Miocæn eller i smeltevandsler. Forvitring (iltning) kan dog medføre røde til gullige farvetoner. De kvartære leraflejringer er som regel kalkholdige bortset fra i den øvre, forvitrede jordbundszone.

*Prøve fra skylleboring:*

Prøver fra fedt tertiært ler vil oftest indeholde gode cuttings, der kan renses og gennemskæres. Størrelsen af cuttings vil dog variere afhængig af den mejseltype, der er benyttet under borearbejdet. De prøver, der udtages fra den øverste del af lerformationen, er dog ofte blandet sammen med det materiale, der er afsat ovenpå leret. Det kan være svært at afgøre, om disse prøver er et resultat af glacialtektonisk påvirkning, eller om opblandingen er sket i forbindelse med borearbejdet. Er der udarbejdet geofysiske logs i borehullet, vil man på disse oftest kunne fastlægge lerets øvre grænse forholdsvis præcist.

### **Moler (Diatomit)**

Moler er en diatomit, det vil sige en aflejring opbygget af kiselalger. Den er oftest lamineret og fremstår grå i fugtig tilstand. I tør tilstand bliver det let og normalt helt lyst og kan kortvarigt flyde på vand. Farven kan dog også være mørkere. Moler klæber til fingrene i våd tilstand og får en pudderagtig konsistens i tør tilstand. Moler serien indeholder vulkanske karakteristiske askelag, der oftest er sorte eller mørkegrå og med en gradering af kornstørrelsessammensætningen. Moler kan indeholde forkislede lag og kalkcementerede niveauer (cementsten). Aflejringerne findes primært i Limfjordsområdet omkring Fur og Mors, hvor de udgør Fur Formationen. For nærmere beskrivelse af moler-serien henvises til Pedersen & Surlyk (1983) og appendiks 1.

*Forvekslingsmuligheder:*

Moler kan forveksles med diatomit fra kvartærtiden, der dog oftest er mindre rent, mindre hærdnet, og med en mindre regelmæssig lagdeling. De to typer aflejringer adskilles dog bedst ud fra kendskabet til geologien i undersøgelsesområdet.

*Prøve fra skylleboring:*

Moler knuses let op ved borearbejde, og prøverne vil ofte bestå af enkelte faste cuttings i en slammet masse. Hårde askelag og cementsten vil opknuses til hårde og skarpkantede cuttings.

### 6.3.2 Aflejringer fra Oligocæn

#### Ler og silt

Aflejringer fra Oligocæn findes umiddelbart under kvartære sedimenter i et relativt smalt bælte over Jylland fra Sydthy til Århus og videre syd på langs Jyllands Østkyst, se figur 6.2. Aflejringerne domineres af marint, siltet, glimmerholdigt ler med grønlig og grå farver, der har varierende kalkindhold. De grønne farver skyldes ofte et indhold af glaukonit. For nærmere beskrivelse af lerede og siltede aflejringer fra Oligocæn henvises til appendiks 1 og 2, samt Heilmann-Clausen (2006).

*Forvekslingsmuligheder:* Oligocænt ler kan forveksles med ler fra Miocæn. Det miocæne ler vil ofte være mørkere og mere siltet. Det oligocæne ler kan også forveksles med paleocænt eller eocænt ler, der dog ofte vil være mere finkornet og ikke indeholde synlige glimmerkorn.

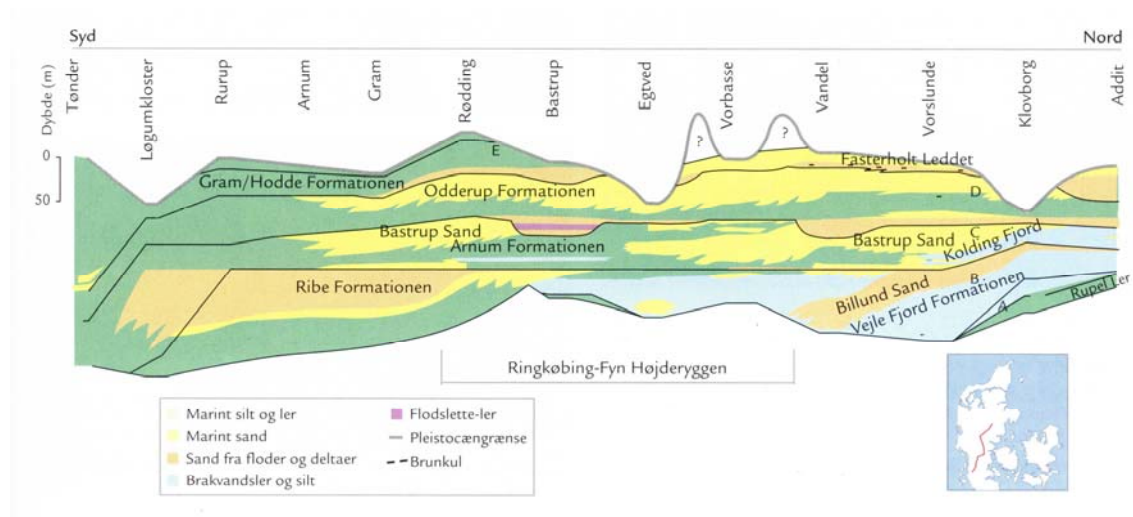
Aflejringer fra Oligocæn kan i visse tilfælde forveksles med marint ler fra Holstein og Sen Elster, der ofte er ret mørkt og stedvist glimmerholdigt. De kvartære aflejringer indeholder dog ofte svovljern. En undersøgelse af fossilindholdet vil med sikkerhed kunne bestemme oprindelsen.

*Prøve fra skylleboring:* Prøver af ler fra Oligocæn indeholder ofte gode cuttings.

### 6.3.3 Aflejringer fra Miocæn

Miocæne aflejringer træffes i det centrale og sydvestlige Jylland, se figur 6.2. Sedimenterne domineres af lerede, siltede og sandede aflejringer med varierende indhold af organisk materiale. Sedimenterne er afsat marint, i brakvand samt i deltaer og floder. Nedenstående snit, figur 6.3 viser fordelingen af de miocæne aflejringer i det sydlige Jylland.





Figur 6.3. Et snit gennem det sydlige Jylland, der viser fordelingen af sandede og lerede aflejringer fra Miocæn, (Rasmussen, 2006).

### Ler og silt

De finkornede miocæne aflejringer indeholder glimmer i varierende mængder og er ofte brune eller sorte pga. organisk indhold. Ligeledes indeholder de ofte pyrit. De varierer i kornstørrelse fra ret fedt, svagt siltet ler, til stærkt sandet silt og ofte veksler de med lag af finsand. For nærmere beskrivelse henvises til Rasmussen (2006).

**Forvekslingsmuligheder:** Aflejringer fra Miocæn kan i visse tilfælde forveksles med marint ler fra Holstein og Sen Elster, der ofte er ret mørkt og glimmerholdigt. Farven på disse kvartære sedimenter er dog som regel lidt lysere end glimmerler og kan være grønlig. De kvartære aflejringer kan desuden indeholde striber af svovljern samt evt. krystalline korn og flint.

Interglacial og postglacial gytje har normalt væsentligt mindre glimmerindhold og er lettere end de miocæne aflejringer.

Miocænt ler kan desuden forveksles med ler fra Oligocæn. Det miocæne ler vil dog ofte være mørkere og mere siltet. Er prøverne meget omrørte, og sammenblandet med grovklastiske aflejringer, kan der desuden være risiko for at forveksle leret med moræneler.

**Prøve fra skylleboring:** Prøver af glimmerler og glimmersilt indeholder ofte gode cuttings, men kan også være stærkt omrørte uden egentlige cuttings. I så fald kan sedimentet identificeres på glimmerindholdet samt på den mørke farve. Typisk vil man under borearbejdet tydeligt kunne se, hvornår aflejringer af glimmerler og -silt anbores, idet skyllevandet skifter farve til en mørk nuance pga. det organiske indhold i disse sedimenter.

## **Sand og grus**

Sand fra Miocæn er normalt velsorteret eller sorteret og oftest domineret af én kornstørrelsesfraktion. Kvantssandet består næsten udelukkende af kvartskorn, er ofte ret grovkornet og kan have et stort indhold af fingrus. Det er som regel sorteret til velsorteret og kan indeholde stykker af brunkul. Glimmersandet er altid fint til mellemkornet. Det består næsten udelukkende af kvarts og glimmerkorn samt mindre andele af sorte korn og indeholder ofte - særligt i de finere fraktioner - lidt organisk stof, der giver det mørke farver. Der optræder ikke flint og krystalline bjergartsfragmenter i disse sandaflejringer.

For nærmere beskrivelse af sandede og grusede aflejringer fra Oligocæn og Miocæn henvises til appendiks 1 og 2 samt Rasmussen (2006).

*Forvekslingsmuligheder:* Glimmersand og kvartsand kan forveksles med kvartært omlejret kvartssand. Miocænt sand indeholder sjældent andre umiddelbart synlige mineraler end kvarts, glimmer og mindre, sorte korn, mens kvartært sand oftest indeholder mange forskellige typer af mineraler og bjergartsfragmenter, f.eks. granitkorn, mørke mineraler, rød feldspat, kalkkorn og flint.

Miocænt sand har normalt meget afrundede korn, mens kvartært sand har lidt mere kantede korn. Kornstørrelser som hasselnødder og derover forekommer normalt ikke i miocænt sand, men ofte i kvartært sand. Grovkornet kvartssand er som regel bedre sorteret end grovkornet kvartært sand.

Vær opmærksom på, at nogle typer sand fra Miocæn indeholder fosforitkonkretioner, som umiddelbart kan ligne flint. Fosforit har dog udelukkende en sort eller meget mørkegrå til grønlig farve, mens flints farve veksler i brunlige, sorte og grålige nuancer. Fosforit vil desuden bruse i varm saltsyre.

*Prøve fra skylleboring:* Ved boring i kvartssand og glimmersand fås ofte tilsyneladende gode prøver. En stor del finsand og silt fra især glimmersand vil dog normalt føres bort med boremudderet, hvorfor disse kornstørrelsesfraktioner ofte er underrepræsenterede i prøverne. Ved boring i glimmersand vil man derfor ofte få meget små prøver. Findes der tynde lag af glimmersilt eller glimmerler i sandet, kan dette optræde som klumper eller være stærkt disintegreret i prøven.

## **Brunkul**

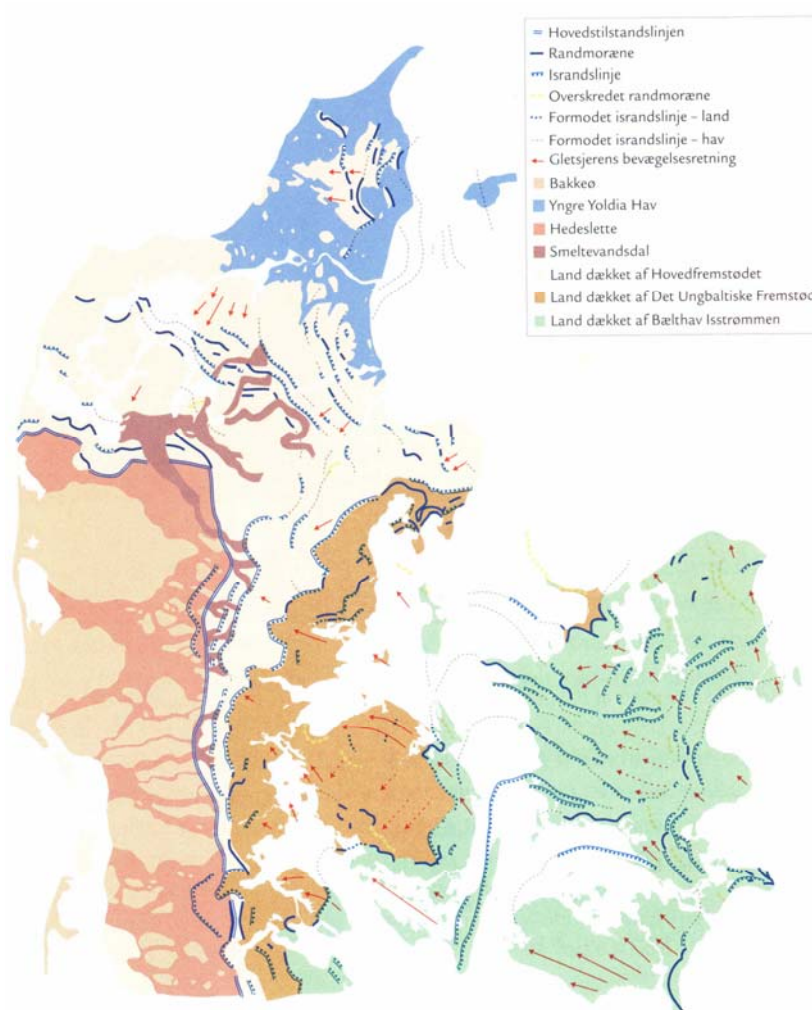
Brunkul består af gamle, hårdt sammenpressede plantedele og finkornet organisk stof. Det er brunt til brunsort, afsmittende og let i tør tilstand.

*Forvekslingsmuligheder:* Brunkul kan forveksles med tørv, der dog er mindre kompakteret og ofte indeholder planterester, der er knap så omdannede.

*Prøve fra skylleboring:* Brunkul knuses ofte op til mindre stykker ved borearbejdet, specielt hvis der anvendes rullemejsel.

## 6.4 Aflejringer fra Kvartærtiden

Inden man går i gang med at beskrive prøver fra grundvandsboringer, bør man orientere sig om kvartærgeologien i det pågældende område. Dels bør man orientere sig om borestedets placering i forhold til landskabsformer og forløb af kendte israndslinier f.eks. med udgangspunkt i kortet, figur 6.4. Dels bør man gennemgå eksisterende boringer og eventuelle specialundersøgelser fra det lokale område, jf. tabel 5.18.



Figur 6.4. Overordnet kort over landskabsformer og forløb af israndslinier, der knytter sig isens tilbagesmeltning i Sen Weichsel. Kilde:Houmark-Nielsen et al. 2006, delvist efter Smed (1982).

### 6.4.1 Glaciale aflejringer

#### Moræneler

Moræneler er vidt udbredt i de glaciale landskaber. Det består normalt af en usorteret blanding af alle kornstørrelser fra ler til sten. Når en typisk prøve af moræneler gennemskæres med en skarp kniv, vil man kunne se sand- og gruskorn jævnt fordelt på skærefladen. Kornene er ofte skarpkantede. Moræneler besidder lerets karakteristiske egenskaber. Det vil sige, at det er formbart i fugtig tilstand og beholder formen ved udtørring. Tørret moræneler kan næsten ikke knuses med fingrene. Erfaringer har vist at disse egenskaber opnås ved

lerindhold på over 12 %, jf. tabel 5.4. Lerindholdet ligger oftest i intervallet 12–35 %. Almindeligvis udgør sandfraktionen dog hovedparten af moræneleret, og oftest er der også et betydeligt siltindhold. Lagdeling er meget svagt udviklet eller mangler, men der kan være tydelige sandstriber indlejret i moræneleret. I uforvitret tilstand er det normalt gråt og kalkrigt, mens det ved forvitring antager rødlige og brunlige nuancer, samtidig med at kalken er helt eller delvist udvasket. I denne proces mister moræneleret en del af sin oprindelige styrke og sammenhængskraft. Endvidere kan især overfladenære moræneaflejringer være ukonsoliderede, hvis de er dannet ved smeltning uden at have været belastet af istryk.

*Forvekslingsmuligheder:* Moræneler kan let forveksles med lerede nedskyls- og flydejordsaflejringer, samt skredjord. Nedskylsaflejringer og flydejord er dog som regel blødere end moræneler og indeholder oftest organisk materiale, planterester og svovljern, (jernsulfid). Deres farve kan desuden ofte have grønlig og blålig nuancer, og desuden vil de normalt have en tydelig lagdeling

Lokalmoræner med et stort indhold af prækvartært ler kan forveksles med rene prækvartære leraflejringer. De indeholder dog altid sand- og gruskorn, der kan optræde meget spredt, mens tertiært ler normalt er relativt fedt. Tertiært ler kan dog indeholde grovere korn som f.eks. glaukonit eller udfældninger af f.eks. kalk eller pyrit.

Ukonsolideret moræneler kan forveksles med flydejord.

*Prøve fra skylleboring:* Moræneler, der er løsboret med vingemejsel, er som regel letgenkendeligt. Skæres cuttings over, vil man se, at der på skærefladerne optræder sand og grus jævnt fordelt i en matrix af ler. Bruges der rullemejsel, kan prøven til tider blive knust så meget, at den ikke længere indeholder egentlige cuttings men derimod blot fremstår som ”mudder”. En stærkt opslemmet moræneler vil ofte have et tilsyneladende stort indhold af sand.

En prøve udtaget fra en vekslende serie af ler, sand og grus kan let fejlbedømmes, fordi den blandede prøve tilsyneladende ligner moræneler. Gennemskærer man finkornede cuttings fra prøven, vil man imidlertid kunne se, at disse består af velsorteret materiale.

Som hovedregel kræves prøver fra sneglebor eller egentlige geotekniske målinger for at kunne vurdere om en moræneler evt. er ukonsolideret.

### **Morænesilt**

Denne aflejringstype er ikke særlig almindelig. Morænesilt forekommer især i eller nær områder, hvor der er skrivekridt eller slamkalk i undergrunden, samt som den øverste eller nederste del af en moræneler- eller morænesandsbænk. Når en typisk morænesilt gennemskæres med en skarp dolk, vil man kunne se sand- og gruskorn i skærefladen. Morænesilt besidder de samme egenskaber som silt, og gimper således i våd tilstand (har harmonika struktur). Tørret morænesilt kan knuses ret let med fingrene. Lagdeling mangler eller er meget svagt udviklet, der kan dog forekomme sandstriber. I uforvitret tilstand er

morænesilt normalt gråt og kalkholdigt. Ved forvitring antager det rødlig og brunlige nuancer, og kalken er helt eller delvist udvasket

*Forvekslingsmuligheder:* Morænesilt kan forveksles med moræneler samt siltede flydejords- og nedskytsaflejringer, der dog oftest indeholder organisk materiale, planterester og svovljern. Morænesilt kan endvidere forveksles med smeltevandssilt, idet sidstnævnte kan indeholde spredte gruskorn og sten.

*Prøve fra skylleboring:* Morænesilt kan være meget svært at identificere i prøver fra skylleboringer, idet silt og finsand ofte vil opslemmes i boremudderet, og derfor ikke optræde repræsentativt i prøven. Kun hvis der optræder faste cuttings i prøven, vil det være muligt at klassificere prøven som morænesilt.

### **Morænesand**

Morænesand er forholdsvis almindeligt, især nær ved tidligere israndslinier (f.eks. i Midtjylland), se figur 6.3. Det er en usorteret til sorteret blanding af mange eller alle kornstørrelser. Morænesand kan praktisk taget ikke formes i våd tilstand men har en vis sammenhængskraft ved udtørring. Morænesand føles ofte på samme måde som mørtel uden dog at give samme udtørring af huden som mørtel. Morænesand gimper ikke, idet sandfraktionen dominerer vægtmæssigt. Undertiden sidder der lidt ler klistret til de grove korn i morænesand. Lagdeling mangler eller er svagt udviklet. I uforvitret tilstand er det normalt gråt og moderat kalkholdigt. Ved forvitring antager det rødlig til gulbrune nuancer, og kalken er helt eller delvist udvasket.

*Forvekslingsmuligheder:* Morænesand kan forveksles med grovkornede smeltevandsaflejringer. Disse sedimenter indeholder dog strømningsbetingede strukturer, der kun kan ses i profiler eller (somme tider) under borearbejde med snegl. Morænesand har som regel et større indhold af ler/silt end smeltevandssand, ligesom lerhinder på grove korn forekommer langt hyppigere i morænesand.

Morænesand kan endvidere forveksles med flydejord og nedskytsaflejringer.

*Prøve fra skylleboring:* Stærkt omrørte prøver af heterogene smeltevandsaflejringer, der består af sand, silt og ler, kan let fejlbedømmes som morænesand. Vær derfor meget forsigtig ved tolkning af morænesand, og husk, at det, der tilsyneladende ligner intakte cuttings, godt kan være sekundære klumper, der er dannet efter ophældning af den opslemmede prøve på fiberdugen.

### **Morænegrus**

Aflejringer af morænegrus er ret sjældne og forekommer næsten udelukkende tæt på tidligere israndslinjer. Det er en usorteret til sorteret blanding af mange eller alle kornstørrelser. Der ses et stort indhold af grus og sten og desuden en del sand. Grusfraktionen dominerer. Ler og silt er normalt tilstede, men i meget ringe mængde. Undertiden sidder der lidt ler

klistret til de grove korn. Morænegrus kan ikke formes i våd tilstand og lagdeling mangler normalt. I uforvitret tilstand er det normalt gråt og moderat til svagt kalkholdigt. Morænegrus er meget ofte forvitret, hvorved farven har antaget rødlige og brunlige nuancer, og prøven er kalkfri. Større kalkkorn kan dog godt findes i en ellers forvitret prøve.

*Forvekslingsmuligheder:* Morænegrus indeholder normalt en større andel af fint materiale end smeltevandsgrus, ligesom lerhinder på grove korn forekommer langt hyppigere i morænegrus. Smeltevandsgrus optræder mere hyppigt end morænegrus.

*Prøve fra skylleboring:* Morænegrus vil være meget svært at skelne fra smeltevandsgrus i skylleboringer. Det, at der er ler, silt og sand tilstede i en grusprøve er ikke nok til at karakterisere det som morænegrus, da en prøve fra en heterogen del af en smeltevandsserie, der indeholder tyndere lag af ler, silt, sand og grus, vil blive så omrørt under prøvetagning, at det kan ligne morænegrus.

## 6.4.2 Smeltevandsaflejringer

Smeltevandsaflejringer opdeles efter kornstørrelse i smeltevandsler, -silt, -sand, -grus og -sten. Aflejringerne er ofte lagdelte og sorterede. Sorteringen af de grove aflejringer er ofte dårlig, og de indeholder mange forskellige mineraler og bjergartsfragmenter inkl. kalk, der dog evt. kan være opløst ved forvitring. Smeltevandsaflejringer indeholder normalt ikke organisk stof. Farven er i uforvitret tilstand normalt grålig, og i forvitret tilstand gul, rødlig, brunlig, eller meget lys grå.

### Smeltevandsler

Smeltevandsler kan veksle fra stærkt siltet og sandet ler til fedt ler. Ofte ses tynde lag og linser af silt eller finsand. Der kan endvidere forekomme spredte korn af grus og sten. Smeltevandsler kan være homogent men er ofte rytmisk lagdelt (varvigt). Uforvitret smeltevandsler er normalt gråt til lysegråt og kalkholdigt. Forvitret smeltevandsler er normalt rødbrunt til gulbrunt og kalkfattigt. Ved forvitringen kan iltningen af jernholdige mineraler være mere fremskreden end kalkudvaskningen, hvorved leret kan fremstå brunt og kalkholdigt. Smeltevandsler findes ofte som lokale forekomster med en begrænset udbredelse. Større regionale forekomster findes dog bl.a. i Limfjordsområdet, se Kronborg (1995).

*Forvekslingsmuligheder:* Fedt smeltevandsler kan forveksles med visse typer af prækvartært ler, og nogle gange kan det kun afgøres med biostratigrafiske analyser, om prøven er af prækvartær eller kvartær alder. Flere af de prækvartære leraflejringer, som kan forveksles med smeltevandsler, er dog kalkfrie i modsætning til uforvitret smeltevandsler. Hvis der findes korn af krystalline bjergartsfragmenter eller flint er leret kvartært.

De interglaciale og sen- og postglaciale aflejringer, som smeltevandsleret kan forveksles med, indeholder hyppigt spor af organisk aktivitet i form af planterester, fint fordelt organisk materiale

(giver mørkfarvning) eller skaller. Dette findes normalt ikke i smeltevandsaflejringer.

*Prøve fra skylleboring:* Kvaliteten af prøver fra smeltevandsler varierer alt afhængig af andelen af bikomponenter. Er leret meget siltet og sandet, vil cuttings lettere opslemmes i boremudderet, mens cuttings fra rent ler bedre bevares.

### **Smeltevandssilt**

Smeltevandssilt kan være både homogent og lagdelt og kan indeholde lag og slirer af smeltevandssand og -ler. Det er typisk gråt og ofte så rent, at det gimper stærkt ved gimpeprøven, se tabel 5.17. Grovsilt og mellemkornet silt gimper hurtigt, mens finsilt gimper langsomt. Silt kan formes i våd tilstand. Det smuldrer ved udtørring, når siltfraktionen domineres af grovsilt eller mellemkornet silt. Hvis finsilt dominerer, beholdes formen ved udtørring.

*Forvekslingsmuligheder:* Gytje kan minde om smeltevandssilt. Gytjen har dog et højere vandindhold og hyppigt en mere "klistret" konsistens samt oftest grønlig, blålig eller brunlig farver. Gytje har endvidere en lavere vægtfylde.

*Prøve fra skylleboring:* Silt kommer ofte op i cuttings, der kan beskrives og tolkes. Indeholder silten meget sand, kan det dog let opslemmes i boremudderet, således at prøvemængden bliver meget lille og ikke repræsentativ for den gennemboede lagserie.

### **Smeltevandssand**

Smeltevandssand kan være velsorteret til ringe sorteret og indeholde større eller mindre mængder af grus. Det kan indeholde tynde lag og lamina af silt og ler. Smeltevandssand er desuden oftest lagdelt og med strømningsstrukturer, der dog primært kan iagttages på daglokaliteter og ikke i boreprøver. Farven veksler fra grå i uforvitret tilstand til rødlig og brunlig i forvitret tilstand. Tilsvarende veksler kalkindholdet afhængig af forvitningsgraden.

*Forvekslingsmuligheder:* Smeltevandssand afsat umiddelbart over tertiære sandaflejringer vil have et præg af disse aflejringer i form af et øget indhold af kvartskorn, glimmer og brunkul. Smeltevandssandet vil dog også indeholde korn af krystalline bjergartsfragmenter samt flint, og kan på den baggrund adskilles fra det tertiære sand.

Smeltevandssand kan ofte være svært at skelne fra interglaciale og senglaciale ferskvands- og marine aflejringer. Kun hvis disse sedimentter indeholder organisk materiale eller skalfragmenter m.m., kan man med sikkerhed skelne. Grænsen mellem senglaciale ferskvandsaflejringer og smeltevandsaflejringer er ofte umulig at bestemme og kan næsten udelukkende placeres ud fra overvejelser om landskabets opbygning. De senglaciale ferskvandsaflejringer kan dog indeholde organisk materiale.

Oftest vil de postglaciale aflejringer (marine afl., ferskvandsafl., flydejord, og nedskylsjord) indeholde organisk materiale og eventuelt striber af svovljern. På den baggrund kan de postglaciale aflejringer oftest skelnes fra smeltevandssedimenter.

*Prøve fra skylleboring:*

Normalt er der ikke tekniske problemer ved boring i smeltevands-sand med skylleboringsteknikker, og der opnås som regel tilsyneladende gode prøver. Da prøven typisk er udtaget over et interval på 1 m, vil kornstørrelsesfordelingen dog ikke kunne afspejle de variationer, der kan være i lagserien, men vil være en midling over hele dette interval.

Indholdet af silt og finsand vil normalt blive underrepræsenteret i prøven, da disse kornfraktioner let opslemmes i boremudderet.

Tynde lag af ler og silt i en sandet serie vil typisk vise sig som finkornede klumper i prøven, og kun ved at sammenholde denne observation med en eventuel geofysisk log fra borehullet kan tyndere finkornede lag stedfæstes mere præcist indenfor det interval, prøven dækker.

### **Smeltevandsgrus**

Smeltevandsgrus er ofte sorteret og kan optræde med vekslende kornstørrelser. Der kan være et varierende indhold af hhv. sand og sten samt indslag af silt og ler. Gruset er oftest sammensat af forskellige bjergartsfragmenter, men kan i områder, hvor smeltevandsaflejringerne er afsat umiddelbart over kalken, være domineret af korn af kalk og flint. Smeltevandsgrus kan i uforvitret tilstand være gråt og kalkholdigt, mens det i forvitret tilstand er brunligt og kalkfattigt.

*Forvekslingsmuligheder:*

Smeltevandsgrus kan forveksles med morænegrus, der dog som regel er dårligere sorteret og optræder mindre hyppigt end smeltevandsgrus. Det kan endvidere forveksles med knust flint fra en kalkaflejring hvor selve kalken er opslemmet i boremudderet. I smeltevandsgrus vil der dog stort set altid være krystalline korn. Endvidere vil boremudderet som regel skifte til en lysere farve når kalken træffes.

*Prøve fra skylleboring:*

Et eventuelt indhold af silt og finsand vil ofte være underrepræsenteret i en prøve af smeltevandsgrus, idet det let opslemmes i boremudderet. Sten vil også blive underrepræsenteret i prøver af smeltevandsgrus, da disse ofte skubbes til side af boreværktøjet, og endvidere som regel ikke kan passere op gennem borestammen.



### 6.4.3 Interglaciale og interstadiale aflejringer

De interglaciale og interstadiale aflejringer har stor lighed med de tilsvarende sen- og postglaciale aflejringer, men i modsætning til sidstnævnte er de oftest overlejret af glaciale aflejringer. Øst for hovedopholdslinien er alle interglaciale og interstadiale aflejringer forbelastet af isen. De virker derved mere kompakte og indeholder mindre vand end de tilsvarende sen- og postglaciale jordarter. Vest for hovedopholdslinien er dette ikke altid tilfældet. I øvrigt henvises til afsnittet om sen- og postglaciale aflejringer, samt Knudsen (1995).

#### Diatomit

Diatomit er normalt kalkfrit. I fugtig tilstand er det gråt og ofte med et grønligt skær. I tør tilstand er det helt lyst og meget let.

*Forvekslingsmuligheder:* Interglacialt og interstadialt diatomit kan forveksles med Moler, der dog oftest er mere rent samt lamineret. De to typer aflejringer adskilles bedst ud fra kendskabet til geologien i undersøgelsesområdet. Prøver af mørk diatomit kan umiddelbart forveksles med nogle af de finkornede, miocæne aflejringer, men når prøven tørrer, bliver den meget let, hvilket er en karakteristisk egenskab for diatomit.

*Prøve fra skylleboring:* Diatomit, der ikke er forbelastet af isen, vil ofte opslemmes i boremuddret, så der i bedste fald kun optræder små og dårlige cuttings i prøven. Forbelastede aflejringer af diatomit er forholdsvis kompakte og bevares derfor lettere som cuttings.

#### Tørv og gytje

Interglaciale og interstadiale aflejringer af tørv og gytje vil oftest være forbelastet af is, og derfor være mere eller mindre konsoliderede. Gytjeaflejringer kan således blive meget hårde og sprøde, mens tørv kan være stærkt omdannet og sammenpresset, så det umiddelbart ligner gytje. Farverne er ofte meget mørke, og specielt gytjen kan indeholde glimmerminerale. Vest for hovedopholdslinjen kan der findes interglaciale og interstadiale aflejringer, der ikke har været udsat for isbelastning, og derfor ikke er så konsoliderede.

*Forvekslingsmuligheder:* Interglacialt og interstadialt gytje kan pga. et muligt glimmerindhold samt en meget mørk farve, i nogle tilfælde forveksles med glimmerler. Tørres en gytjeprøve vil den dog oftest være lettere end glimmerler, og vil desuden også kun sjældent have en egentlig lagdeling, som det ofte ses i glimmerler.

Aflejringerne kan i nogle tilfælde forveksles med postglaciale og senglaciale aflejringer, der dog ikke er konsoliderede. I postglaciale blødbundsaflejringer vil planteresterne have en mere frisk og blød karakter end i de ældre aflejringer, hvor planteresterne oftest

er presset sammen, så f.eks. grene og endda træstammer vil være næsten flade eller har en stærk oval form i tværsnit.

*Prøve fra skylleboring:* Konsolideret gytje og tørv kommer oftest op i cuttings, mens de mere bløde aflejringer, som kan findes vest for hovedopholdslinjen, i højere grad kan opslemmes ved boreprocessen.

### **Marint ler**

En oversigt over marine, kvartære aflejringer i Danmark er givet af Knudsen (1995). Det interglaciale og interstadiale marine ler kan være ret fedt og har ofte grønlig, blålig eller ret mørkegrå farver. Leret indeholder ofte skaller og kan desuden indeholde striber af svovljern.

Leret kan indeholde lag af silt og finsand, men kan også indeholde betydelige mængder glimmer og planterester som f.eks. i Holstein aflejringerne i SV Jylland. De marine Eem aflejringer indledes i den sydlige del af landet ofte af et tyndt lag ferskvandsler, gytje eller tørv, (Houmark-Nielsen et al., 2006).

*Forvekslingsmuligheder:* Marint kvartært ler kan forveksles med tertiært ler, specielt fordi det ofte indeholder glimmer. Desuden kan det forveksles med smeltevandsler og ofte kun adskilles herfra, hvis det indeholder fossiler eller organisk materiale. I Nordjylland kan leret forveksles med sen-glacialt, marint ler (Yngre Yoldialer), der dog ikke er forbelastet af isen, og derfor virker blødere end interglacialt marint ler. Endvidere er det sen-glaciale ler oftest mere siltet end de fleste interglaciale lertyper, og det sen-glaciale ler har som regel en mere grålig farve end det interglaciale ler.

*Prøve fra skylleboring:* Prøver af marint ler vil oftest indeholde gode cuttings. Er leret meget siltet og sandet, vil cuttings lettere opslemmes i boremudderet, mens rent, kompakt ler lettere bevares i cuttings.

### **Marint sand**

Interglacialt og interstadialt marint sand er ofte velsorteret, fint til mellemkornet sand, der kan være stærkt siltpræget og indeholde skaller og skalfragmenter. Farven er ofte grå, og sandet er normalt kalkholdigt.

*Forvekslingsmuligheder:* Sandet kan forveksles med sen-glacialt marint sand, smeltevands-sand og postglacialt marint sand. Optræder der skaller i sandet kan det i mange tilfælde adskilles fra smeltevandssand. Man skal dog være opmærksom på, at smeltevandssand kan indeholde skalfragmenter og små forkullede planterester, specielt i Vendsyssel. Skalfragmenterne vil dog bære præg af nedknusning og slid, og derfor være forholdsvis små og slidte.

*Prøve fra skylleboring:* Sandet kan pga. den fine kornstørrelse og siltindholdet være svært at få adskilt fra boremudderet i sedimentfanget, og derfor vil prøverne oftest være små og af dårlig kvalitet.

## 6.4.4 Senglaciale aflejringer

### Marint ler (Yngre Yoldialer)

I Vendsyssel findes marine aflejringer fra Sen Weichsel i dag hævet over havniveau, se Knudsen (1995). Aflejringerne udgøres overvejende af Yoldia Ler, som er en grå lagdelt ler, der ofte har et betydeligt siltindhold. Leret indeholder mørke organiskholdige horisonter samt tynde lag og slirer af finsand og silt. Det kan desuden indeholde enkelte skaller samt forekomster af svovljern.

*Forvekslingsmuligheder:* Yngre Yoldialer kan forveksles med smeltevandsler, interglacialt marint ler og sen-glacialt ferskvandsler. Lerets udbredelse er dog beskrevet i litteraturen, jf. Knudsen (1995).

*Prøve fra skylleboring:* Prøver fra yngre Yoldialer vil oftest indeholde gode cuttings. Er leret meget siltet og sandet, vil cuttings lettere opslemmes i bore-mudderet, mens bevaringspotentialitet for cuttings fra rent ler er meget større.

### Marint sand

Marint, sen-glacialt sand (bla. Saxicavasand) findes i det nordlige Jylland. Der er ofte tale om finkornet, velsorteret sand, der kan være meget ensartet og optræde i tykke lag. Ofte indeholder det sen-glaciale sand meget små skalfragmenter, planterester og lignende.

*Forvekslingsmuligheder* Marint sen-glacialt sand kan forveksles med interglacialt sand, smeltevandssand, postglacialt marint sand og flyvesand. Der skelnes bedst ud fra placering i lagfølgen samt ud fra kendskab til den lokale geologi. Sen-glacialt marint sand kan af og til kendes fra smeltevandssand ved indhold af skaller eller organisk stof.

Det kan være meget vanskeligt at kende sen-glacialt, marint sand fra postglacialt marint sand, når det sidstnævnte ikke indeholder væsentlige mængder af skaller eller organisk materiale. I visse tilfælde kan der kun skelnes mellem de to aflejringer ved hjælp af biostratigrafiske analyser.

Hvor sen-glacialt, marint sand er finkornet og velsorteret kan det være vanskeligt at kende fra flyvesand. Der skelnes bedst på grundlag af landskabsformerne og de geologiske forhold i øvrigt.

*Prøve fra skylleboring:* Da det sen-glaciale, marine sand oftest er meget finkornet, opslemmes det let i bore-mudderet, og der fås derfor som regel dårlige og små prøver af dette sediment.

## Ferskvandsaflejringer

Ferskvandsaflejringer fra senglaciertiden er afsat under hhv. kolde perioder (Ældre Dryas, Dryas og Yngre Dryas) og varme perioder (Allerød og Bølling), og deres sammensætning afspejler disse vekslende klimaforhold. De er typisk afsat i lavninger i terrænet og udgøres af fluviale sedimenter, søaflejringer, organiske blødbundsaflejringer samt skred- og flydejord.

Senglaciale grovklastiske aflejringer af sand og grus findes på hedesletterne uden for israndene og udgør ofte daludfyldninger her.

Senglaciale tørv og gytje er sjældent og findes kun i relativt tynde lag afsat i lavninger. Senglaciale ferskvandsler og -silt er som regel grønligt, gråligt eller brunligt, og kan indeholde planterester og svovljern.

*Forvekslingsmuligheder:* Senglaciale ferskvandssand og -grus kan i princippet kun skelnes fra de underliggende smeltevandssedimenter ved hjælp af morfologiske studier.

De senglaciale blødbundsaflejringer er svære at skelne fra postglaciale aflejringer. Der kan være en tendens til, at senglaciale tørv er stærkere omdannet, og desuden vil senglaciale tørv og gytje i mange tilfælde være dækket af senglaciale nedskyls- og flydejordsaflejringer.

*Prøve fra skylleboring:* Det senglaciale ferskvandssand adskiller sig ikke fra smeltevandssand med hensyn til prøve kvaliteten. Blødbundsaflejringerne vil ikke være konsoliderede, og kan derfor let opslemmes i boremudderet.

## 6.4.5 Postglaciale aflejringer

### Marint ler, silt og gytje

De fleste finkornede, marine postglaciale aflejringer indeholder så meget organisk stof, at de kan betegnes som gytje. Gytjen kendes på den bløde, gæragtige eller "klistrede" konsistens. Farven er som regel grønlig, mørk grålig eller sort. Der ses ofte et indhold af skaller og planterester.

*Forvekslingsmuligheder:* Marint ler, silt og gytje kan forveksles med miocænt ler og silt, smeltevandsaflejringer og med postglaciale ferskvandsler, silt og gytje. Ferskvandsaflejringerne er dog som regel mere brunlige i farverne end de marine aflejringer, og indeholder som regel færre og tyndere skaller.

*Prøve fra skylleboring:* Disse aflejringer vil pga. det organiske indhold og den manglende forbelastning opslemmes forholdsvis let ved en skylleboring. Det er dog sjældent, at sådanne aflejringer løsbøres med skyllemetoder, da deres beliggenhed oftest er ganske terrænnær.

### **Marint sand og grus.**

Disse aflejringer har som regel ingen eller kun en svag mørkfarvning fra organisk stof, men indeholder ofte planterester og skaller. Farven er som regel grå, men kan også antage gullige nuancer. Grove korn er oftest velafrundede.

*Forvekslingsmuligheder:* Aflejringerne kan forveksles med smeltevandsaflejringer, flyvesand og senglacialt ferskvandssand og -grus. Ferskvandsaflejringerne indeholder ofte mere organisk stof og er ofte mørkere grå eller brunlige i farven end de marine aflejringer. De geologiske jordarkort er velegnede som hjælp til at erkende postglaciale marine aflejringer.

*Prøve fra skylleboring:* Marint sand og grus af postglacial alder løsbøres sjældent med skylleboringsteknikker, da deres beliggenhed er ganske terrænnær. Prøvekvaliteten vil være som for sandede og grusede smeltevandsaflejringer.

### **Tørv**

Tørv er opbygget af planterester, der er synlige, men kan være meget nedbrudte. Farven er brun eller sort. Marint tørv og brakvandstørv forekommer forholdsvis sjældent, mens ferskvandstørv derimod forekommer hyppigt. Postglacialt tørv optræder ofte i lavninger i det nuværende terræn og kan være kompakteret i forskellig grad. Eksempelvis kan Præborealt tørv i lighed med interglacialt tørv være meget hårdt.

*Forvekslingsmuligheder:* Postglacialt tørv kan forveksles med brunkul samt med interglacialt tørv. Begge disse aflejringer er dog som hovedregel mere omdannede end postglacialt tørv. Den interglaciale tørv er isbelastet øst for hovedopholdslinien og virker derfor hårdere og indeholder mindre vand. Vest for hovedopholdslinien er interglacial tørv normalt dækket af aflejringer, der er dannet i arktisk klima, f.eks. flydejord eller nedskylsaflejringer. En stærkt omsat tørv kan også forveksles med gytje.

*Prøve fra skylleboring:* Postglacialt tørv vil kun meget sjældent blive løsboret med skylleboringsteknikker, da deres beliggenhed oftest er ganske terrænnær.

### **Ferskvandssilt og -gytje**

De fleste finkornede, postglaciale ferskvandsaflejringer indeholder så meget organisk stof, at de må betegnes som gytje og kendes på den bløde, gæragtige eller "klistrede" konsistens. De indeholder ofte planterester og tynde skaller. Farven er oftest brunlig

*Forvekslingsmuligheder:* Disse aflejringer kan i enkelte tilfælde forveksles med miocænt ler og silt, med finkornede smeltevandsaflejringer, marint postglacialt ler silt og gytje samt med marint senglacialt ler. Det kan være vanskeligt at kende postglacialt ferskvandsler fra postglacialt marint

ler. Kendskab til lokalgeologi, jordartskort og evt. analyse af mikro-fossiler er de bedste metoder til dette.

*Prøve fra skylleboring:* Aflejringerne vil kun meget sjældent blive løsboret med skylleboringsteknikker, da de oftest findes meget terrænnært.

### **Ferskvandssand og -grus**

Disse aflejringer indeholder som regel lidt organisk stof, og har grålige, brunlige eller evt. grønne farver.

*Forvekslingsmuligheder:* Kan forveksles med smeltevandsaflejringer og postglacialt marint sand og grus. Det geologiske jordartskort kan hjælpe ved tolkningen.

*Prøve fra skylleboring:* Postglacialt ferskvandssand og -grus løsbøres sjældent med skylleboringsteknikker, da deres beliggenhed er ganske terrænnær. Prøvekvaliteten vil være som for sandede og grusede smeltevandsaflejringer.

### **Kildekalk og søkalk**

Disse kalkaflejringer er typisk urene og indeholder ofte planterester eller aftryk af planter. Kildekalk er ofte meget porøst. Søkalk ligner silt, men opløses næsten helt i saltsyre.

*Forvekslingsmuligheder:* Kan forveksles med kalk fra Kridt og Danien. Disse kalkaflejringer fremstår dog mere rene, er som regel hårdere og indeholder ikke planterester eller aftryk af planter.

*Prøve fra skylleboring:* Kildekalk og søkalk løsbøres meget sjældent med skylleboringsteknikker, da deres beliggenhed er ganske terrænnær.

### **Skredjord**

Skredjord udgøres næsten 100% af udgangsmaterialet, men der kan være iblandet lidt muld eller planterester. Lagstillingen er stærkt forstyrret, og der kan af og til ses sprækker i skredjorden. Der kan forekomme grønne og sorte misfarvede striber og partier i prøven samt en regelløs vekslen i farve og kalkholdighed. Skredjord kan indeholde mørke striber af jernsulfid, (svovljernsstriber).

*Forvekslingsmuligheder:* Skredjord kan forveksles med stort set alle andre jordarter. De ovennævnte kriterier kan bruges til at kende skredjord. Det skal understreges, at skredjord primært kan konstateres på baggrund af en vurdering af landskabsformerne.

*Prøve fra skylleboring:* Løsbøres meget sjældent med skylleboringsteknikker, da deres beliggenhed er ganske terrænnær.

### **Flydejord**

Usorteret, blød, leret eller siltet jordart, hyppigt iblandet organisk materiale. Ofte med grønne farver og striber af svovljern.

*Forvekslingsmuligheder:* Kan forveksles med moræneaflejringer og nedskylsaflejringer, der dog oftest er bedre sorteret end flydejord.

*Prøve fra lufthæveboring:* Løsbores meget sjældent med skylleboringsteknikker, da deres beliggenhed er ganske terrænnær.

### **Nedskylsaflejringer**

Kan være ler-, silt- eller sanddominerede. De er ofte svagt farvede af organisk stof, brune pga. et stort muldindhold eller grønfarvede. De indeholder ofte svovljern og kan desuden indeholde planterester.

*Forvekslingsmuligheder:* Kan forveksles med moræneaflejringer, smeltevandsaflejringer, flydejord og post- og senglaciale marine aflejringer og ferskvandsaflejringer. Nedskylsaflejringer er ofte dårligere sorteret end de sidstnævnte aflejringer og indeholder oftere svovljern. Det geologiske jordartskort kan være en hjælp til at udelukke andre postglaciale aflejringer.

*Prøve fra skylleboring:* Løsbores meget sjældent med skylleboringsteknikker, da deres beliggenhed er ganske terrænnær.

### **Flyvesand**

Flyvesand er altid meget velsorteret, og er som regel finkomet, men kan dog også være mellemkornet. Kornene er velafrundede og består overvejende af kvarts. Flyvesandet kan indeholde planterester og muldstriber. Farven er som regel lysgrå eller gullig.

*Forvekslingsmuligheder:* Smeltevandssand, marint postglacialt sand og senglacialt sand. Flyvesand kendes normalt bedst på den gode sortering og ud fra landskabsformerne (klitlandskaber) i det undersøgte område. Flyvesand kan dog også ligge i op til ca. 2 m tykke lag, uden at der kan ses klitformer i landskabet. Ældre lag af flyvesand findes også dybere i den kvartære lagserie, som f.eks. Det Hvide Sand på Fyn og Als.

*Prøve fra skylleboring:* Løsbores meget sjældent med skylleboringsteknikker, da flyvesand normalt findes meget terrænnært.

## 6.4.6 Recente aflejringer

### Fyld

Fyld kan bestå af alt fra lossepladsfyld til omgravet jord uden tydelige fyldtegn. Den omgravede jord kan hyppigt kendes på, at den er meget sammenblandet og udviser regelløs vekslen i farve og kalkholdighed. Ofte findes fremmede bestanddele, f.eks. muld eller planterester i moræneler. I nogle tilfælde kan det dog være næsten umuligt at kende omgravet jord fra intakt jord. Store tykkelser af fyldjord vil oftest ses i retablerede dele af grusgrave, hvor det dels kan være tilkørt fyld, dels restsedimenter fra grusudvindingen (typisk sand).

*Forvekslingsmuligheder:* Ren fyldjord forveksles let med den oprindelige aflejring, det stammer fra. Fremmede materialer som f.eks. tegl, beton eller glas er et sikkert tegn på fyld. Tilstedeværelsen af sådanne fremmedelementer kan dog også skyldes forurening af prøven.

*Prøve fra skylleboring:* Løsbores meget sjældent med skylleboringsteknikker, men kan forekomme ved en indledende snegleboring.



## 7. Sammenfatning og anbefalinger

Ved kortlægning af grundvandsressourcer udføres borerer ofte med flere formål:

- Beskrivelse og tolkning af den geologiske lagfølge
- Kortlægning af sedimentkemi
- Undersøgelse af vandkemi og potentialeforhold
- Undersøgelse af magasinets hydrauliske egenskaber

### Valg af boremetode

Det rigtige valg af boremetode afhænger dels af formålene med boringen dels af den forventede boreddybde. Desuden afhænger prøve kvaliteten meget af boremetoden, og det er derfor vigtigt at have kendskab til de forskellige metoder og deres indvirkning på prøven.

Borerer, der udføres med det formål, at beskrive og tolke den geologiske lagfølge, udføres ideelt set bedst ved udtagning af kerneprøver i hele boreddybden, men dette er dog en forholdsvis dyr boremetode. Inden for normale økonomiske rammer udføres korte borerer bedst som forede borerer med sneglebor over grundvandsspejlet, mens dybere borerer bedst udføres med lufthævemetoden. I hårde bjergarter kan endvidere benyttes trykluftboring. Forventes det, at der træffes lag, som er relevante at undersøge nærmere med niveaubestemte laboratorieanalyser, anbefales det, at vælge et boreudstyr, der også har mulighed for at blive omstillet til kerneboring. I det tilfælde bør de indhentede tilbud på borearbejdet indeholde tillægspriser på evt. udtagning af kerneprøver.

Borerer, der skal benyttes til kortlægning af sedimentkemi udføres bedst som forede borerer med sneglebor eller sandspand, idet der her ikke benyttes boremudder men alene vand. Ved boreddybder over 40-50 m kan det af praktiske og økonomiske grunde være nødvendigt at anvende lufthæveboring, men man skal her være opmærksom på boremuddrets eventuelle påvirkning af prøven.

Borerer, der udføres med det formål, at undersøge vandkemi og potentialeforhold samt hydrauliske magasinegenskaber, kan udføres ved lufthæve- og skylleboring samt med sandspand. I hårde bjergarter kan endvidere anvendes trykluftboring.

Ofte vil en boring have flere formål, og det er da vigtigt at vægte de enkelte formål i forhold til hinanden. En oversigt over forskellige boremetoders prøve kvalitet og egnethed til forskellige formål fremgår af tabel 1.1.

### Krav til borearbejde

Følgende krav til udførelse af borearbejdet anbefales indarbejdet i udbudsmaterialet:

Med henblik på at opnå den bedst mulige prøve kvalitet, skal benyttes en passende lav nedboringshastighed, der endvidere tilpasses de forskellige sedimenttyper, der bores i. I forbindelse med skift af borestænger i skylleboringer bør der altid udføres en "oprensning" af borehullet. Det vil sige, at der cirkuleres boremudder uden at der nedbores, indtil der ikke

aflejres mere prøvemateriale i sedimentfanget. Derved kendes den præcise boreddybde og dermed den efterfølgende prøvetagningsdybde hver gang, der monteres en ny borestang.

Når ét af målene med boringen er at opnå en så høj prøve kvalitet som muligt, anbefales det, at skylleboringer så vidt muligt udføres med vingemejsel. Hvis der af boretekniske grunde må skiftes til rullemejsel anbefales det, at der skiftes tilbage til vingemejsel, hvis der igen træffes lerede sedimenter, hvor den kan benyttes. Et sådan skift vil betyde ekstra arbejde for boreentreprenøren, og det anbefales, at der i udbud af borearbejdet bedes om tillægspriser for ekstra skift af mejsler. Ud fra forventningerne til hvilke sedimenter, der vil blive truffet, kan det i den konkrete situation vurderes om skift af mejsel er indsatsen værd.

Den ønskede boremetode og fremgangsmåde præciseres i udbudsmaterialet, og det skal præciseres, at afvigelser i forhold til dette, skal angives som motiverede, alternative tilbud. Boreentreprenøren skal i tilbudet endvidere beskrive principperne bag det sedimentfang, han ønsker at benytte, samt hvordan der ved prøvetagningen sikres repræsentative prøver. Man skal her være opmærksom på, at opsamlingen af især finsand og svagt kompakteret silt kræver, at der er tilstrækkelig tid til bundfældning i sedimentfanget.

### **Udtagning og oplægning af prøver**

Til geologisk prøvebeskrivelse anbefales det, at der udtages en prøve pr meter. Ved boringer med snegl og sandspand kan der dog med fordel udtages en prøve for hver ½ m. Hvis der fra en boring ønskes foretaget sedimentkemiske analyser, og der ikke er udarbejdet en prøvetagningsstrategi, anbefales det, at der udtages prøver til analyse fra hver meter i boringen.

Prøvetagningen fra sedimentfanget foretages af en erfaren medarbejder fra boreentreprenøren, så prøverne bedst mulig repræsenterer kornstørrelsesfordelingen i sedimentet. I lerede sedimenter skal så vidt mulig udtages store intakte prøvestykker (cuttings).

Prøverne fra sedimentfanget bør lægges til dræning for vand på fiberdug. De placeres i rækker med en passende indbyrdes afstand og prøvedybden markeres med en tydelig angivelse for minimum hver 10. m. Der skal endvidere være plads til at gå rundt langs rækkerne og beskrive de enkelte prøver samt udtage delprøver. Efterhånden som prøverne lægges op på fiberdugen, bør der tages billeder af de enkelte prøver samt af hele prøveserien, idet billederne kan være en stor hjælp i det videre arbejde og tjener som et godt supplement til prøvebeskrivelserne. Billederne mærkes tydeligt med DGU nr., boreddybde og dato.

Prøver, der skal undersøges i laboratoriet, bør altid udtages i robuste, egnede poser eller beholdere afhængig af formålet med laboratorieanalyserne. Prøverne mærkes tydeligt med Lokalitetsnavn, dato, DGU nummer og prøveinterval. Der benyttes vandfast tusch.

Normalt står boreentreprenøren for udtagning, oplægning og pakning af prøver. Boreentreprenøren foretager endvidere den lovpligtige indberetning af jordprøver til GEUS, efter at borearbejdet er afsluttet. Tilsynet står normalt for prøvebeskrivelse og fotografering. Rollefordelingen og antallet samt arten af delprøver, der skal pakkes, bør under alle omstændigheder præciseres i udbudsmaterialet.

## **Boretilsyn**

Det anbefales at borearbejdet udføres under fuldt tilsyn af en geolog, der foruden selve prøvebeskrivelsen fører en log over borearbejdets fremdrift. Herved kan prøverne dels beskrives i helt frisk tilstand, dels ses i sammenhæng med de øvrige prøver fra boringen. Variationer i prøvernes mængde og beskaffenhed kan endvidere relateres til observationer gjort under borearbejdet, hvilket giver den bedste mulighed for en rigtig beskrivelse og tolkning af prøver med varierende kvalitet.

Boreentreprenøren registrerer laggrænser samt skift af borehoved og andet betydende materiale og videregiver øvrige relevante oplysninger til tilsynet.

## **Prøvebeskrivelse**

Da der i forbindelse med prøvetagning som nævnt kan forekomme sortering internt i den enkelte prøvebunke, er det vigtigt, at man beskriver materiale fra hele bunken og ikke kun fra overfladen. Det kan være nødvendigt at homogenisere eller dele den samlede prøve, hvilket gøres henholdsvis ved omrøring og ved vertikal deling af prøvebunken, (som når man deler en lagkage).

Prøvebeskrivelsen foretages så vidt muligt på intakte klumper af prøvemateriale (cuttings), og det er vigtigt, at disse brækkes over, og at man beskriver friske brudflader, der ikke er påvirket af boremudder.

Endvidere skal den der beskriver prøverne være opmærksom på indretningen og typen af sedimentfang, idet der kan være stor forskel på, hvor meget prøvemateriale, og hvilke kornstørrelsesfraktioner, de enkelte sedimentfang tilbageholder. Desuden skal man være opmærksom på hastighed og turbulens af boremudderet i sedimentfanget, idet der fra sedimentfanget tabes mere materiale til skyllebassinet jo højere hastighed og turbulens, der er.

Der er i forbindelse med nærværende arbejde udviklet et skema til prøvebeskrivelse i feltet. Foruden en række basisoplysninger om boringen samt selve prøvebeskrivelsen, rummer skemaet en række ekstra felter, til relevante oplysninger om prøvekvalitet, boregrej, boremudder, beliggenhed af tolket redoxgrænse med mere. Skemaet er tænkt anvendt sammen med en dagsrapport/borelog. Det anbefales benyttet både i feltet og ved den efterfølgende digitale renskrivning og vil kunne hentes på GEUS hjemmeside.

Beskrivelse og tolkning af jordprøverne foretages efter dispositionen i tabel 5.1, der som hovedregel ikke må fraviges. Endvidere anvendes retningslinierne, der er angivet i Larsen et al (1995), og som findes nærmere beskrevet i kapitel 5.

Nogle observationer kan dog ikke gøres på prøver af dårlig kvalitet og må i visse tilfælde udelades. Det er imidlertid vigtigt, at alle prøver fra en boring beskrives så detaljeret, som prøvekvaliteten tillader, og at detaljeringsgraden fastholdes under hele prøvebeskrivelsen.

Oversigtsskemaer til hjælp ved beskrivelse og tolkning af henholdsvis klastiske sedimenter, organiske sedimenter og karbonatbjergarter findes i bilag 3 og hjælpemidler, der kan anvendes ved prøvebeskrivelsen, er angivet i tabel 5.17.

I forhold til de enkelte punkter i prøvebeskrivelsen skal det endvidere bemærkes:

- Prøvens hovedbetegnelse angives altid med STORE BOGSTAVER.
- Angivelse af moræneaflejringer (f.eks. MORÆNELER) indeholder foruden at være hovedbetegnelser implicit en tolkning af, at sedimentet er aflejret glacialt. Denne tolkning kan være vanskelig at foretage på dårlige, blandede prøver. Hvis man er i tvivl, skriver man blot LER og angiver usikkerheden ved at sætte "?" ved det tolkede aflejringsmiljø og alder (f.eks. G1?/Gc?).
- Hærdningsgrad angives som hovedregel ikke for uhærdnede sedimenter. Ved prøver fra grundvandsboringer betyder det, at hærdningsgrad normalt kun angives for kalkaflejringer og hærdnede klastiske sedimenter fra Bornholm.
- Underordnede kornstørrelser angives under bikomponenter i rækkefølge efter den mængde, hvormed de optræder.
- Det anbefales at prøvens farve angives v.h.a. farvekoder fra et standard farvekort, f.eks. Munsell, (2000) og at der desuden foretages en kortfattet, subjektiv farvebeskrivelse. Benyttes her sammensatte farveangivelser skal den dominerende farve angives sidst.
- Tolkning af aflejringsmiljø og alder angives sidst i prøvebeskrivelsen v.h.a. forkortelserne, der ses i tabellerne 5.15 og 5.16. Er man i tvivl om enten dannelsesmiljø eller alder, kan man angive dette med et "?".
- Retningslinier for tolkning af alder og aflejringsmiljø samt forvekslingsmuligheder herved beskrives nærmere i kapitel 6.

Med henblik på kvalitetssikring og efterfølgende indberetning af prøvebeskrivelserne anbefales det, at de renskrives i en digital udgave af prøvebeskrivesskemaet. Ved længerevarende borearbejder gøres dette løbende, for at sikre at væsentlige oplysninger ikke er udeladt. Efterfølgende kvalitetssikres prøvebeskrivelsen af en erfaren geolog, som ikke selv har udført beskrivelsen. Ved kvalitetssikringen skal man bl.a. lægge vægt på, at der ikke er modstrid mellem beskrivelser og tolkninger, og at alle oplysninger er til stede. Dato og den kvalitetssikrende geologs initialer angives i skemaet. Tilsvarende renskrives og kvalitetssikres dagsrapporter om borearbejdets fremdrift.

Det anbefales, at tilsynet efter aftale med rekvirenten fremsender de kvalitetssikrede beskrivelser digitalt til GEUS. Herved kan de observationer og tolkninger, der er gjort i felten, indgå i den endelige bedømmelse af prøverne på GEUS og gøres tilgængelige via Jupiter.

## 8. Referencer

Bai, W., 1990: Geofysisk borehulsmåling, logging. laboratoriet for Geoteknik, Horsens Teknikum. pp. 126.

Baumann, J., 1996: Kvalitetsboringer. Geologisk Nyt 4/96

Bruun-Petersen, J., Gravesen, P., Gry, H., Jørgart, J., Poulsen, V., Rolle, F. & Sjørring, S. Geologi på Bornholm. VARV EKSKURSIONSFØRER NR. 1. 2. oplag. København 1997.

Buchardt, B., 2006: De første aflejringer. I Larsen, G. (red.): Naturen i Danmark – Geologien. Gyldendal. p. 93-124.

Danmarks Geologiske Undersøgelse 1993: Prækvartærets højdeforhold. DGU kortserie nr. 44.

GEUS: Teknisk anvisning for grundvandsovervågningen. Version 4 af 17. august 2004.

Glensvig, L., 1974: Boremetoder. Vandteknik, juni 1974, nr. 3, pp. 54-70.

Gravesen, P., 1993: DGU's Boreprøvelaboratorium. Årsberetning 1992, side 83-85.

Gravesen, P. & Fredericia, J., 1984: ZEUS-geodatabasesystem. Borearkivet. Databeskrivelse, kodesystem og sideregistre. - Danm. Geol. Unders. Serie, 3, 259 sider.

Gravesen, P. Larsen, C.L., Brüch, W., Nygaard, E., Klitten, K., Kelstrup, N. & Krüger, N., 2004: Geologi og grundvand. Håndbog og undervisningsmateriale til brøndboreruddannelsen. Miljøstyrelsens serie om boringer på land. Kan "downloades" fra [www.blst.dk](http://www.blst.dk)

Gravesen, P., 1996: Geologisk set Bornholm. En beskrivelse af områder af national geologisk interesse. Miljø- og Energiministeriet, Skov- og Naturstyrelsen, Geografforbundet, 208 sider.

Gravesen, P., 2006: Grundfjeldet Danmarks fundament. I Larsen, G. (red.): Naturen i Danmark – Geologien. Gyldendal. p. 81-92.

Heilmann-Clausen, C. 1995: Palæogene aflejringer over danskekalken. I Nielsen, O.B., Danmarks geologi fra Kridt til i dag. Geologisk Institut, Aarhus Universitet. p. 247-270.

Heilmann-Clausen, C., 2006: Korallrev og lerhav. I Larsen, G. (red.): Naturen i Danmark – geologien. Gyldendal. p. 181-226.

Houmark-Nielsen, M., Knudsen, K.L. og Noe-Nygaard, N., 2006: Istider og mellemistider. I Larsen, G. (red.): Naturen i Danmark – geologien. Gyldendal. p. 255-302.

Håkansson, E. & Pedersen, S.S., 1992: Geologisk kort over den danske undergrund. VARV.

Jørgensen, M. og Friborg, R., 1989: Tommelfingerregler for prøvebeskrivere. Typiske kendetegn for nogle vigtige danske aflejringer. Upubl. kursusmateriale. Horsens Teknikum. 14 p.

- Knudsen, K.L., 1995: Kvartæret, marine aflejringer, interglaciale og interstadiale ferskvandsaflejringer. I Nielsen, O.B., Danmarks geologi fra Kridt til i dag. Geologisk Institut, Aarhus Universitet. p. 247-270.
- Kronborg, C. 1995: Kvartæret, glacielle aflejringer. I Nielsen, O. B., Danmarks geologi fra Kridt til i dag, 1995: Geologisk Institut, Aarhus Universitet, p. 271-290.
- Larsen, G., (red.), 2006: Naturen i Danmark, Geologien. Gyldendal. 549 pp.
- Larsen, G., Frederiksen, J., Villumsen, A., Fredericia, J., Gravesen, P., Foged, N., Knudsen, B. & Baumann, J. 1995: Vejledning i Ingeniørgeologisk prøvebeskrivelse. Dgf-Bulletin 1. Dansk Geoteknisk Forening. Revision 1.
- Miljøministeriet, 2007: Vejledning til bekendtgørelse om udførelse og sløjfning af borer og brønde på land. Version i udkast.
- Munsell, 2000: Soil Color Charts. GretagMacbeth.
- Pedersen, G.K. & Surlyk, F. (1983): The Fur Formation, a late Paleocene ash-bearing diatomite from northern Denmark. Bulletin of the Geological Society of Denmark 32 (1/2), pp 43-65
- Pulvertaft, T.C.R., 1975: Strukturer. Københavns Universitetsforlag. 74 p.
- Rasmussen, E.S., 2006: Lagunekyster og flodsletter. I Larsen, G. (red.): Naturen i Danmark – Geologien. Gyldendal. p. 227-236.
- Smed, P. 1982: Landskabskort over Danmark blad 1-5, Geografforlaget.
- Surlyk, F., 2006: Fra ørkner til varme have. I Larsen, G. (red.): Naturen i Danmark – Geologien. Gyldendal. p. 227-236.
- Sørensen, E. og Schmidt, H., 2001: Boringer. Del af undervisningsserie om boringer på land. Miljø- og Energiministeriet, Miljøstyrelsen. 185 p.
- Sørensen, I., 1998: Boringer til vandforsyning. I Vandforsyning, (red. Karlby, H. og Sørensen, I.), Teknisk Forlag. p. 185 – 210.
- Sørensen, J., Krohn, C., Kronborg, C. og Nielsen, O. B., 2004: Prøvekvalitet, erfaringer fra Sedimentsamarbejdet. ATV møde, Prøvens vej fra bor til bord.
- Thomsen, E., 1995: Kalk og Kridt i den danske undergrund. I Nielsen, O. B., Danmarks geologi fra Kridt til i dag, 1995: Geologisk Institut, Aarhus Universitet, p. 32-67
- Wium, M. og Hansen, B., 2006: Theory of sampling – Jordprøvetagning i teori og praksis. ATV Møde, Boringer og prøvetagning. Schæffergården, 31. januar 2006.
- Århus Amt, 2006: Repræsentativ sedimentkemisk prøvetagning fra dybe grundvandsboringer. Eds. Birgitte Hansen, Lærke Thorling, Per V. Misser, Torben Wandall, Mogens Wium (GEO) og Christian Christiansen (Poul Christiansen A/S), 22 pp

# **Appendiks 1: Bestemmelsesnøgle for palæogene bjergarter over Danienkalken**

# Bestemmelsesnøgle for palæogene bjergarter over Danienkalken

**Forfatter: Claus Heilmann-Clausen, Geologisk Institut, Aarhus Universitet**

## Indledning

De palæogene aflejringer over Danienkalken udviser meget ensartede karakteristika i store dele af landet, hvilket gør, at man ved identifikation af bestemte sediment-enheder kan opnå en god stratigrafisk niveaubestemmelse i den enkelte boring. Nærværende bestemmelsesnøgle er en hjælp til at aldersbestemme danske aflejringer fra palæogen på baggrund af sedimenternes karakteristika. Den giver *kun* korrekte bestemmelser, når prøverne stammer fra Palæogen. Kvantssand kan f.eks. stamme fra utallige lag fra alle mulige geologiske perioder, men i Palæogen findes de eneste kendte kvartssandsforekomster i Vejle Fjord Formationen. Nøglen kan kun bruges på typiske prøver af de palæogene lag. Man skal derfor sikre sig, at prøven er repræsentativ for det lag, som søges bestemt.

Lup og farvekort bør benyttes ved bestemmelsen. Små glimtende gipskrystaller dannes ofte ved forvitring i lerbjergarter og kan forveksles med glimmer. Farvebestemmelsen er stærkt afhængig af fugtighedstilstand, men også af belysningen. Farven af friske lerprøver ændres ofte ved iltning. Farvekoder henviser til GSA's Rock Color Chart (Munsell system).

Når man mener at være nået til en korrekt bestemmelse, bør man sammenligne med den mere fyldige beskrivelse af det formodede lag, som er angivet i appendiks 2. Ligeledes bør man se efter, om lithologier over og under det aktuelle niveau svarer til det, man kunne forvente.

Bestemmelsesnøglen er udarbejdet som et *forsøg*, og bestemmelsen bør altid tages med et forbehold. Hvor der ønskes sikkerhed, og hvor nøglen er for upræcis, må en biostratigrafisk undersøgelse inddrages.



1. **Bjergarten er uhærdnet (kan oplødes i vand) → 2.**  
**Bjergarten er hærdnet.** *Bruser tydeligt med fortyndet saltsyre:* kalksandsten fra Lellinge Grøn-sand, hærdnede lag i Kerteminde Mergel og Æbelø Formationen, cementsten fra askeserien, visse karbonatkonkretioner fra forskellige formationer. *Bruser kun med konc. saltsyre:* siderit- og fosfatkonkretioner; sådanne forekommer især i Holmehus Formationen og i formationer over Røsnæs Leret. *Bruser ikke med saltsyre:* forkislede lag i Æbelø Formationen og i askeserien.
2. **Bjergarten er ler eller mergel → 3.**  
**Bjergarten er silt:** Vejle Fjord Formationen eller øvre del af Viborg Formationen.  
**Bjergarten er kvartssand:** Vejle Fjord Formationen.  
**Bjergarten er sort/gråt sand:** askelag fra askeserien, har ofte graderet kornstørrelse.  
**Bjergarten er en diatomit:** Fur Formationen.  
**Bjergarten er anderledes → 10.**
3. **Ler/mergel ikke rig på glaukonitkorn → 4.**  
**Ler/mergel rig på glaukonitkorn:** regionale glaukonitrige lag. Kan desuden være Lellinge Grøn-sand, typisk Branden Ler, eller en lokal glaukonitførende forekomst. Farve, kalkindhold og kornstørrelse af lermatriks kan ofte præcisere bestemmelsen.
4. **Farven er rød/brun eller prøven har i det mindste et brunligt skær → 5.**  
**Tør prøve er hvid eller hvidlig/grundfugtig prøve er lysegrå - mellemgrå → 6.**  
**Tør prøve er neutral lysegrå- mørkegrå/grundfugtig prøve er neutral mørkegråt-sort → 7** (med neutral menes uden, eller med et kun svagt, brunligt, grønligt, eller blåligt skær). Prøven skal altså være meget tæt på farvekortets neutrale gråskala).  
**Farven er grøn eller grå med et grønligt, blåligt eller oliven skær → 8** (prøven skal være forskellig fra den neutrale gråskala).  
**Farven er anderledes → 10.**
5. **Glimmerholdig:** Vejle Fjord Formationen.  
**Ikke glimmerholdig, kalkholdig:** Lag R5 og evt. R4 i Røsnæs Leret, visse prøver af Søvind Mergel, Lag L6 og evt. L5 i Lillebælt Leret. *Kalkfri:* Holmehus Formationen, Lag R2, R3 og R4 i Røsnæs Leret, Lag L1, L3; øvre del af L4 og evt. L5 i Lillebælt Leret.
6. **Kalkholdig, siltholdig:** Kerteminde Mergel. Fed: Søvind Mergel, Lag L6 i Lillebælt Leret, evt. Lag R6 i Røsnæs Leret.  
**Kalkfri → 10.**
7. **Lamineret:** Stolle Klint Ler (basal Ølst Form.).  
**Ikke lamineret, uden glimmer:** Æbelø Formationen, Østerrende Ler, Ølst Formationen over Stolle Klint Ler, Knudshoved Led (basal Røsnæs Ler). *Med glimmer:* Vejle Fjord Formationen, mellemste og øvre del af Viborg Formationen., visse lag i nedre del af askeserien fra Mors.
8. **Lamineret:** Stolle Klint Ler (basal Ølst Form.).  
**Ikke lamineret, med glimmer:** nedre-mellemste del af Viborg formationen, Hesselbjerg Facies af Branden Ler. *Uden glimmer → 9.*
9. **Tydeligt grøn** (tør prøve ca. 5GY 6/1): Holmehus Formationen og Lag L4 i Lillebælt Leret. Disse er meget fede og kalkfri.  
**Dæmpet grønlig eller olivengrå farve** (tør prøve f.eks. 5Y 6/1). *Kalkholdig:* Søvind Mergel, Kerteminde Mergel, Lag L6 i Lillebælt Leret. *Kalkfri:* overgangslag over og under Holmehus Formationen, Knudshoved Led (basal Røsnæs Ler), Lagene L2, L5 og L6 i Lillebælt Leret.
10. Lithologien er ikke karakteristisk for kendte palæogene lag i Danmark.



# **Appendiks 2: Lithologisk beskrivelse af palæogene aflejringer**

**Forfatter: Ole Bjørslev Nielsen, Geologisk Institut, Aarhus Universitet**

**Afsnittet om Lellinge Grønsand Formation er skrevet af  
Joachim Raben-Levetzau, Miljøcenter Roskilde og Dorthe Pedersen, GEUS**

# Lithologisk beskrivelse af palæogene aflejringer

Forfatter: Ole Bjørslev Nielsen, Geologisk Institut, Aarhus Universitet

Nedenstående bjergartsbeskrivelser omfatter de mest karakteristiske parametre, der kan iagttages på enkeltprøver, samt et forsøg på at kommentere laterale og vertikale variationer i sedimentlegemets udseende og sammensætning i Danmark, kombineret med enkelte bemærkninger om forholdene i Nordsøen. Sedimenterne henføres dels til de formelle lithostratigrafiske enheder (formationer og led) dels stedvis til mere uformelle sedimentenheder.

## Danien Kalk Fm.

### Beskrivelse

Danienkalk udgøres af kalksilt til kalksand (Calcisiltit til calcarenit). Det består af allochtone kalkpartikler i silt- til sandstørrelse, der er forholdsvis velsorteret. Kalken indeholder flint konkretioner og få makrofossiler (irregulære echinoider, bryozøer og serpulider med grave-gange). Farven er normalt gråhvid, men kan være forvitret til gullighvid i øvre og eksponerede positioner. Calcitindholdet er normalt 85-95 % med lermineraller, flint eller finfordelt amorf  $\text{SiO}_2$  som de vigtigste bikomponenter.

Hærdning: H2.

### Trivialbetegnelse/lithostratigrafi

Danienkalk er ækvivalent til Ekofisk Formationen i Nordsøen. Tykkelsen varierer mellem 0 og 350 m. Den kan også være udviklet som bryozokalk, koralkalk og en mere finkornet næsten hvid slamkalk, der ligner skrivekridt.

Danienkalk er aflejret på shelfdybder, slamkalken på de største havdybder, koralkalk og kalksand på mindste dybder. Aflejringen er normalt sket under iltholdige betingelser.

### Alder

Nedre Paleocæn, Danien

## Lellinge Grønsand Fm.

Lellinge Grønsand Formationen, der træffes på Sjælland, udgøres af et grønsandsbundkonglomerat, grønsandskalk, grønsandsler og grønsand. Sedimenterne er overordnet kendetegnet ved ofte at indeholde glaukonit.

### Trivialbetegnelse/lithostratigrafi

Grønsandsbundkonglomeratet og grønsandskalken består hovedsageligt af sammenkittede skalrester og kalksandspartikler med glaukonit, og de fremstår som hårde grønlig-grå kalksten. Grønsandsleren kan karakteriseres som en silt- og finsandsholdig leraflejring med glaukonit, der er stærkt kalkholdig. Grønsandet består af løst kalksand eller kalkfattigt

kvartssand, der er glaukonitholdig og fremstår grønlig-grå. Der forekommer ofte flintlignende forkislinger i grønsandet. Grønsandet træffes primært i Københavnsområdet, hvor der desuden hyppigt forekommer et Grønsandsbundkonglomerat umiddelbart over Danienkalken.

Lellinge Grønsand Formationen kan antage betydelige tykkelser, og ses med en mægtighed op til 160 meter på Vestsjælland. Formationen er relativt sammenhængende og kan i borehulslogs ofte korreleres over store dele af Midtsjælland. Internt i formationen optræder dog tit en kraftig vekslen imellem de forskellige sedimenttyper, der kan gøre det vanskeligt at vurdere den rumlige udbredelse af de forskellige sedimenttyper.

#### **Alder**

Ø. Paleocæn, Ældste Selandien

## **Kerteminde Mergel Fm.**

#### **Beskrivelse**

Kerteminde Mergel er en stærkt kalkholdigt ler (mergel bestående af ler og finkornede kalkpartikler). Nederst ses et basalkonglomerat med glaukonitkorn af sandstørrelse og klaster af grusstørrelse. Klasterne består af oparbejdede, fosfatiserede, cementerede fossiler og fragmenter af Danienkalk. Mange klaster er stenkernel af irregulære søpindsvin. Matrix fremtræder sandet, fordi der er et stort indhold af glaukonit.

Over konglomeratet er mergelen mindre sandet og rig på Chondrites gravegange, længere oppe ses også talrige små Thalassinoides gravegange. Skaller af muslinger og snegle forekommer sjældent, ligesom svagt forkislede tynde lag. Kalken er overvejende tilført allochton (fra inversionszonen i Kattegat) fra skrivekridt af Maastrichtien alder. Op mod 95 % af coccolitherne er af denne alder. Farven er typisk mørkegrå i den nedre del af lagserien og lysegrå i den øvre del. Kalkindholdet varierer mellem 30-60 %.

#### **Trivialbetegnelse/lithostratigrafi**

Kerteminde Mergel er ækvivalent til Nordsømergelen. Tykkelsen varierer mellem 12 og 136 m oftest 15-30 m. Der er normalt en skarp grænse til Danienkalk, og en hiatus mellem de 2 enheder. På Sjælland er den nederste glaukonitiske del af Kerteminde Mergel udviklet som et egentligt grønsandslag, Lellinge Grønsand, se ovenstående.

Sedimentet er afsat i et lavenergi-marint, iltholdigt aflejningsmiljø

#### **Alder**

Ø. Paleocæn, Ældste Selandien.

## Æbelø Formationen

### Beskrivelse

Æbelø Formationen udgøres af finkornet og svagt siltet ler. Dele af formationen indeholder talrige kalk- og/eller kiselcementerede lag. Den rytmiske vekslen mellem disse lag og det uhærdnede mørkegrå/sorte ler giver denne del af lagserien et karakteristisk udseende. Farven er mørkegrå, stedvist næsten sort. De cementerede lag er ofte lysere grå, især efter udtørring. Udover lermineraller findes calcit i kalkcementerede lag og cristobalit i kiselcementerede lag. Herudover er der ingen eller meget lidt kalk i leret. Det indeholder kun mikrofossiler (dinoflagellater, foraminiferer og svampespikler).

### Trivialbetegnelse/lithostratigrafi

Æbelø Formationen er en uformel betegnelse. Leret er tidligere omtalt som grå kalkfrit ler. Formationen er ækvivalent til den nedre del af Lista Formationen i Nordsøen. Tykkelsen varierer mellem 16 og 57 m. Det er afsat i et lavenergi-marint miljø med vekslende iltindhold. Overgangen fra Kerteminde Mergel er gradvis. Æbelø Formationen har imidlertid en større udbredelse end Kerteminde Mergel, og i Syd- og Sønderjylland ses en skarp grænse til den underliggende Danienkalk. Tilsvarende gælder for grænsen mellem Æbelø Formationen og skrivekridtet på Sydlolland.

### Alder

Ø. Paleocæn, Mellemsæ Selandien).

## Holmehus Formationen

### Beskrivelse

Holmehus Formationen er en meget finkornet til ekstremt finkornet ler. Det er plastisk og kan indeholde mere end 90 % partikler mindre end 0,002 mm. I de øvre ca. 20 cm ses glaukonitiske aggregater, mens der i den øvre del ses et meget tyndt og forstyrret askelag, der sandsynligvis er bioturberet. Der ses mange spredte, hvidlige partikler af sandstørrelse i formationen. Partiklerne er enten af diagenetisk oprindelse (heulandit) eller er biogene legemer (spongie-spikler og agglutinerede foraminiferer). Disse partikler får leret til at fremtræde lettere hvidnistræt. Gravegange, f. ex. Zoophycos, er normalt forekommende, og leret indeholder ikke meget org.C. Farven er enten tyrkisgrøn eller tomatrød.

Formationen er ekstremt domineret af smectit og har som sådan en intermediær bentonitkvalitet ligesom mange europæiske bentoniter. Har et sporadisk indhold af zeoliter og er kalkfrit.

### Trivialbetegnelse/lithostratigrafi

Holmehus Formationen er ækvivalent til den øvre rødlige og grønne del af Lista Formationen i Nordsøen. Den er 6-12 m tyk, og har en meget gradvis overgang til Æbelø Formatio-

nen. Den er meget homogen i hele udbredelsesområdet, med en svagt udviklet tendens til at blive mere siltet og illitholdig i SØ-Danmark. Formationen er afsat i et lavenergi-marint, nogenlunde iltholdigt aflejningsmiljø.

### **Alder**

Ø. Paleocæn, Yngste Selandien/Ældste Thanetien.

## **Ølst Formationen**

### **Beskrivelse**

Ølst Formationen består af ler med lag af vulkansk aske. Den er mere end 29 m tyk, og udgøres af en sekvens af mørkegrå til grå lerlag, der mellemløjres af næsten sorte vulkanske askelag, ofte med normal gradering. I hele formationen er smectit det dominerende mineral, og der kan findes zeoliter i alle lag. Lagserien er normalt kalkfri, bortset fra de kalkcementerede horisonter.

Ølst Formationen opdeles i 3 enheder:

- Den **nederste enhed**, der er 15 m tyk, består af kalkfrit, tydeligt lamineret, mørkegråt til gråsort ler, der er rig på sulfider (især pyrit) og organisk stof. Denne del af formationen bærer det uformelle navn "Stolle Klint Ler". Ved eksponering for atmosfæren og udtørring dannes store mængder af jarosit, der som et næsten dækkende stærkt gult lag giver enheden et specielt og meget karakteristisk udseende.
- Den **mellemste enhed** består af en 5 m tyk strukturløs og siltet ler, der er silicificeret i mange niveauer. Der findes mindst 16 vulkanske askelag og frekvensen og tykkelsen af disse forøges opadtil. Der er otte lag mellem 1 og 8 cm's tykkelse i den øvre del af den "negative serie". Grænsen til den underliggende enhed er skarp.
- Den **øverste enhed** består af en 9.2 m tyk ler, den "positive serie", der indeholder ca. 130 askelag, der er op til 16 cm tykke, se figur I. Frekvensen af askelag er stor, og den samlede tykkelse heraf (3.7 m) er sammenlignelig med den samlede tykkelse af de mellemløjrede lerlag (5.5 m). Mængden af bioturberede horisonter i Ølst Formationen forøges opadtil, og der er adskillige karbonatcementerede horisonter relateret til disse bioturberede zoner.

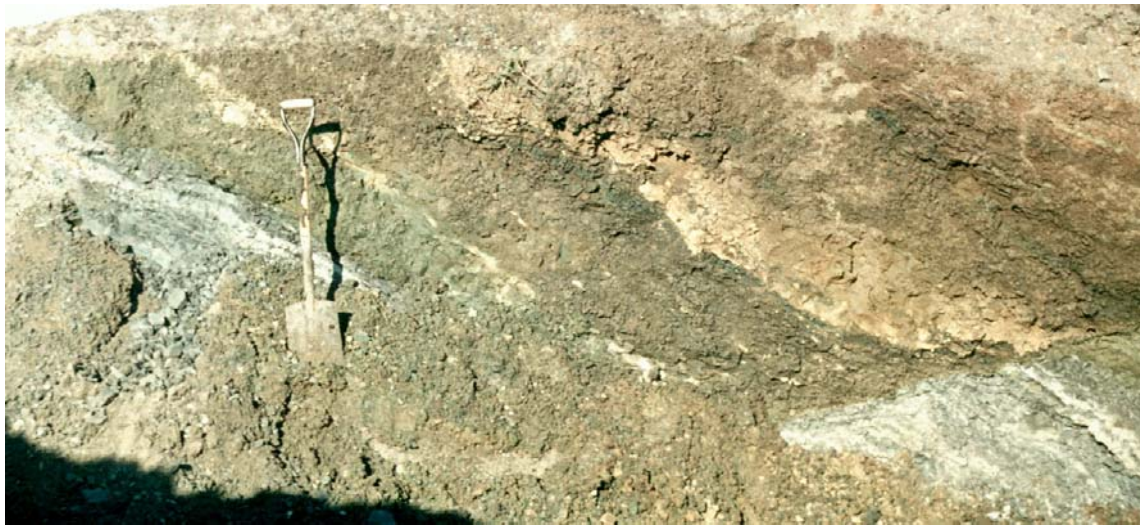
### **Trivialbetegnelse/lithostratigrafi**

De tre enheder af Ølst Formationen er ækvivalente, både lithologisk og kronostratigrafisk, til Sele- og Balder Formationerne i den centrale del af Nordsøen. Grænsen mellem Sele- og Balder Formationen ligger tæt på toppen af den "negative serie". I den vestlige del af Limfjorden findes Fur Formationen, der delvis er tidsmæssig ækvivalent til Ølst Formationen, men som er domineret af diatomeer (moler) i stedet for klastisk aflejret ler. Grænsen til Holmehus Ler er normalt skarp, og der er glaukonit og meget tynde askelag og gravegange i den nederste kvarte meter af Ølst Formationen.

Formationen er afsat i et lavenergi-marint, anoxisk aflejringsmiljø. De anoxiske forhold har været specielt fremherskende i den nedre del, mens der i den øvre del ses intervaller med oxiske forhold (bioturberede, karbonatcementerede).

### **Alder**

Øverste Paleocæn/Nederste Eocæn. Et globalt forekommende oceanisk lag af såkaldt "dissolution clay" med et kraftigt negativt  $\delta^{13}\text{C}$  signal, der er sammenfaldende med masseuddøen af mange dybvands benthoniske foraminiferer, bliver ofte brugt som Paleocæn/Eocæn grænsen. Den anoxiske Stolle Klint Ler er sandsynligvis synkron med denne "dissolution clay".



*Figur 1: Øvre del af Ølst Formation med askelag (nr +129 +130) samt enhederne R1, R2, R3 og R4 af Røsnæs Ler. Foto Ole Bjørslev Nielsen.*

## **Røsnæs Ler Fm.**

### **Beskrivelse**

Røsnæs Ler Formationen er en finkornet og delvist kalkholdig ler. Det er plastisk og nogle af kalkpartiklerne er biogene (coccolither, planktiske og bentiske foraminiferer eller faecale pellets) med kornstørrelser i silt- og sandfraktionen. Hele laget er gennembioturberet bl.a. af Zoophycos (tydelige "spreiten"). Nogle lag er kalkholdige andre ikke, mens nogle lag er rød/brunlige, andre grønlig andre igen lyse- eller mørkegrå. Nogle laggrænser og sprækkeflader er overtrukket med sekundært afsat dendritisk pyrolusit ( $\text{MnO}_2$ ). Det dominerende lermineral er smectit, men kaolinitindholdet viser en stigende tendens op gennem Røsnæsleret og er desuden generelt højere ved Albækhoved og på Nordfyn, hvor laget også er tykkest.

### **Trivialbetegnelse/lithostratigrafi**

Formationen er ca. 3,25 m tyk (ved Albækhoved dog ca. 20 m), og er karakteriseret af lag med forskellig farve og karbonat-indhold. Den opdeles i 6 lag (R1-R6). Grænserne mellem de enkelte lag er oftest ret skarpe uden dog at være knivskarpe. På Fur og Mors findes en



særlig enhed, Knudshoved Led, der ligger umiddelbart under R1, og som består af ca. 2 m mørkegråt siltet og kalkfrit ler, der overlejres af ca. 3 m grågrønt, fedt og kalkfrit ler.

Den nederste regionalt udbredte enhed, R1, er ca. 35 cm tyk, grønlig, glaukonitisk, kalkfri og med Zoophycos og Chondrites gravegange, se figur I. Nogle af gravegangene trænger ned i den underliggende Ølst Formation.

R2 er ca. 50 cm tyk, mørkebrun med mindre end 10 % karbonat og med få spredte glaukonitkorn af sandstørrelse, se figur I.

Den overlejres af ca. 30 cm ler, R3, som er gulbrun og gennembioturberet med et "sandet" udseende. Sandet består af foraminiferer og diagenetiske korn. Denne karakteristiske enhed findes kun i de centrale dele af det Dansk-Norske Bassin, formentlig på grund af laterale faciesforskelle. Karbonat-indholdet er på ca. 30 %, se figur I.

R4 er ca. 105 cm tyk, mørkebrun og har et kalkindhold på mindre end 10 %. Der er ikke grønne glaukonitkorn heri, se figur I.

R5 består af ca. 65 cm lysebrunt, delvist bioturberet ler med ca. 30 % karbonat-indhold.

Herover følger ca. 40 cm tykt lerlag, R6, der har et meget karakteristisk hvidt/sort udseende. Den har et karbonat-indhold på ca. 20 % og er også bioturberet. Den nederste del af R6 er ca. 15 cm tyk, og har en lysegrøn farve, der skifter til næsten hvid ved udtørring. De efterfølgende ca. 10 cm er båndet sort til lysegrå, med dominans af sorte bånd, og indeholder langt mere org. C end andre enheder i denne formation. Over det bandede sorte lag findes et ca. 15 cm tykt lerlag med samme udseende som det underliggende.

Ti grønne/stålgrå omdannede (smectitiserede) vulkanske askelag med skarpe undergrænser og mere diffuse overgrænser findes spredt i formationen. Lagene udviser ofte en såkaldt "spøgelsesgradering", se figur II. Grænsen til Ølst Formationen er skarp, og der er en større eller mindre hiatus mellem dem.



*Figur II: Røsnæsler med et omdannet askelag, der stadig udviser en synlig men ikke målbar gradering i kornstørrelse, en såkaldt spøgelsesgradering. Foto Ole Bjørslev Nielsen.*

Sedimenterne er afsat i et lavenergi, marint miljø, der har været præget af et varmt klima. Der har generelt været iltholdige bundforhold.

### **Alder**

Nedre Eocæn.

## Lillebælt ler Fm.

### Beskrivelse

Lillebælt Ler Formationen er overordnet en finkornet og kalkfri ler. Det er plastisk og fossilfattigt, men med enkelte kalkkonkretionslag, der ofte er tydeligt bioturberede. I Lillebælt området er der dog fundet rester af en varieret bundfauna bestående af mange søliljer, nogle muslinger, snegle, krabber, søstjerner og bundlevende hajer og benfisk. I leret ses rødbrune, tyrkisgrønne, grå til gråsorte og gråbrune lag. I den øvre del forekommer lagbundne barytkonkretioner. Det næsten totale fravær af mikrofossiler (foraminiferer og coccolither) er bemærkelsesværdig.

### Trivialbetegnelse/lithostratigrafi

Formationen er 38 m tyk ved Ølst. Den er opdelt i 6 enheder, L1-L6. Grænserne mellem de enkelte enheder er oftest skarpe.

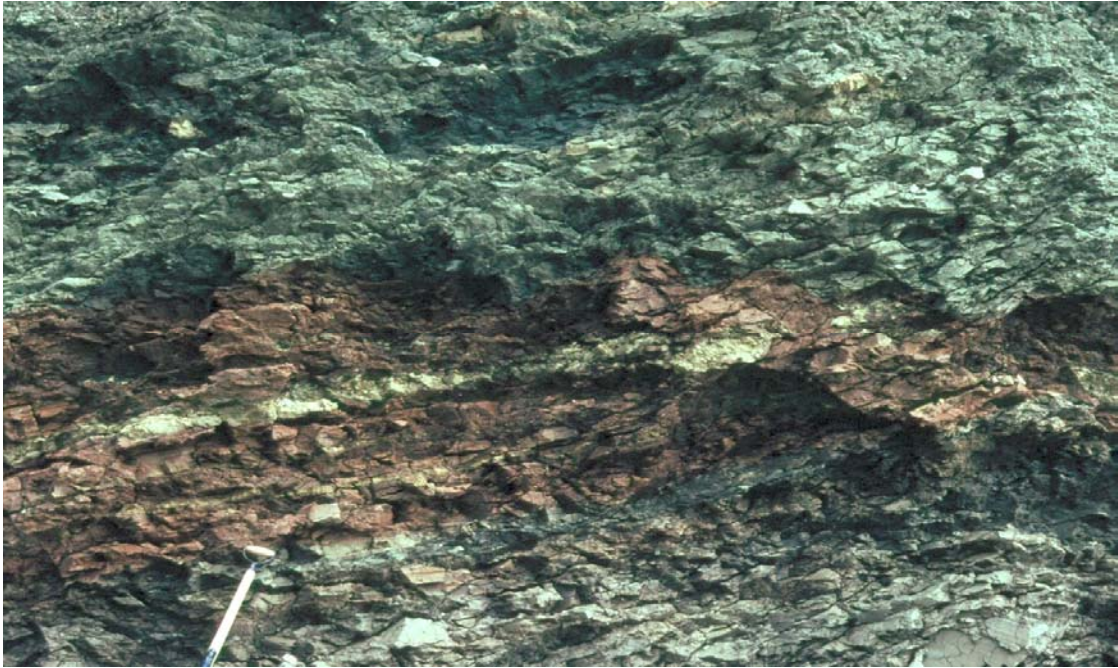
L1 er ca. 90 cm tyk, rødbrun, kalkfri og indeholder mere kaolinit end den underliggende Røsnæs Ler. Kun ved Albækhoved er der fundet substantielle mængder af lagbundne kalkkonkretioner.

L2 er en ca. 270 cm tyk grågrøn ler, se figur III. Et sort lag, rigt på organisk materiale, findes i den centrale del af enheden, og kan korreleres til andre lokaliteter. Dette lag er rig på fiskerester, herunder bl.a. hjætænder, og indeholder et af de tynde askelag (<1 cm), et lag, der ofte er pyritificeret. Der findes 7 tynde omdannede vulkanske askelag i L1 og L2. Disse er de yngste askelag i de danske Eocæne aflejringer.

L3 er et ca. 120 cm tyk brunrødt, kalkfrit lerlag med et eller flere gullige, ofte bioturberede, intervaller på få cm's tykkelse, se figur III. Disse intervaller er ofte kalkholdige, og indeholder især manganholdige karbonatminerale, der findes i begyndende konkretioner omkring gravegange. Dette gælder især et interval nær midten af enheden.

L4 består af et ca. 8 m tykt, kalkfrit, grønligt lerlag, se figur III, der i den øvre del veksler med rødlige lag. Der findes et antal ca. 5-10 cm tykke bioturberede "konkretionære" bånd i enheden.

L3 og L4 er de mest finkornede enheder af den Paleocæne og Eocæne "plastiske ler". De indeholder ofte mere end 90 % partikler mindre end 0,002 mm og med en stor andel i den meget fine ende af kornstørrelsesspektret.



*Figur III. Sedimentenhederne L2, L3 og L4 fra Lillebælt Ler. Foto Ole Bjørsløv Nielsen.*

L5 er et ca. 16 m tykt, svagt siltet lerlag. Enheden indeholder markant mere smectit end de underliggende lag. Der optræder glaukonitholdige lag fortrinsvis i midten af enheden, og der kan findes spredte fosfatkonkretioner.

I de øvre 8.8 m af Lillebælt Ler Formationen optræder vekslende lag med et begrænset kalkindhold. De henregnes til overgangen mellem Lillebælt Ler og Søvind Mergel, og kaldes L6. Der kan findes både karbonat- og barytkonkretioner.

Lillebælt Ler er afsat i et lavenergi-marint, varmt og generelt iltholdigt, men varierende aflejningsmiljø med enkelte anoxiske intervaller.

#### **Alder**

Mellem Eocæn

## **Søvind Mergel Fm.**

#### **Beskrivelse**

Søvind Mergel er en finkornet ler med finkornede kalkpartikler (mergel). Leret kan fremtræde plastisk i de intervaller, hvor calcitindholdet er lavest. Det indeholder gravegange, pyrit- og karbonatkonkretioner af varierende sammensætning. Lagbundne barytkonkretioner forekommer sporadisk. Kalkindholdet er generelt størst i de yngste lag, hvor også stærkt glaukonitiske lag forekommer med størst hyppighed. Farven er lysegrå til næsten hvid. Leret kan dog forvitte til brunlige nuancer ved udtørring. De stærkt glaukonitiske lag fremtræder grønlig.

Søvind Mergel indeholder lerminerale, biogent calcit, pyrit og glaukonit. Calcitindholdet varierer overvejende mellem 20-50 % calcit. I de yngste lag, der er næsten hvide, når calcitindholdet dog helt op til 85 %.

#### **Trivialbetegnelse/lithostratigrafi**

Tykkelsen varierer meget, fra 4 m til over 100 m. I Nordsøen er kalkindholdet meget mindre end på land og mange steder fraværende. I Østjylland optræder et flere meter tykt mørkegråt kalkfrit/kalkfattigt, glimmerholdigt lerlag i øvre del af Søvind Mergel. Dette lag kan let forveksles med Viborg Leret. Ved Kysing fremtræder store dele af Søvind Mergel som en cyklisk vekslen mellem næsten hvide mergellag og mørkegrå, næsten sorte og kalkfattige lag, der normalt er tyndere end de hvide lag. Få af de mørke lag har udpræget lamination og er ikke bioturberede. Mange steder er overgrænsen erosiv, og en stor andel mikrofossiler i det overliggende Viborg Ler er omløjrede fra Søvind Mergel.

Søvind mergel er afsat i et varmt, marint lav-energi aflejningsmiljø, der har været iltholdigt. De mørke laminerede lag repræsenterer kortvarige anoxiske perioder.

#### **Alder**

Øvre Eocæn og øverste del af Mellem Eocæn.

## **Viborg Formationen**

#### **Beskrivelse**

Viborg Formationen udgøres af en siltet, kalk- og glimmerholdig ler. Den indeholder mollusker, koraller, fosfat- og lagbundne barytkonkretioner, glaukonit (ofte i relation til gravegange), pyrit, muskovit og kvarts af grovsilt/finsandsstørrelse.

Viborg Formationen er opdelt i 2 led, Grundfør Ler på ca. 0,5 -1 m tykkelse og Viborg Ler på ca. 25 m tykkelse. Grundfør Ler er en grå ler, der indeholder små mængder af kalk, lys glimmer og har et variabelt men karakteristisk indhold af glaukonit sand og glaukonit-rige gravegange. Konkretioner af næsten sort fosfat bliver ofte fundet her. Viborg Ler er en fin-kornet grå ler med et variabelt indhold af karbonat, sædvanligvis omkring 10 % og et lille men karakteristisk indhold af lys glimmer. Der er et lidt større siltindhold end i de underliggende Eocæne sedimenter. Milimeter-tynde lag af finsand kan forekomme med større hyp-pighed i den øverste del. De tolkes aflejret ved stormepisoder.

#### **Trivialbetegnelse/lithostratigrafi**

Tykkelsen varierer en del fra 85 m ved Viborg aftagende til 1 m ved Horsens og 0 m på og syd for Ringkøbing-Fyn Højderyggen. Grænsen til Søvind Mergel er skarp, og der er en større eller mindre hiatus imellem de 2 enheder.

Viborg Ler er afsat i et iltholdigt shelfmiljø.

#### **Alder**

Nedre Oligocæn.

## **Branden Ler Fm.**

### **Beskrivelse**

Branden Ler er en finkornet (næsten plastisk), siltet og kalkholdig ler. Det indeholder glaukonit i finsandsstørrelse. Indeholder desuden lys glimmer (muskovit), kalkkonkretioner (nogle af siderit) med sprækkeudfyldninger (septarier). Farven varierer fra grå til grøngrå. Kalkindholdet er varierende, men ligger generelt på mellem 5 og 15 %. Enkelte enheder indeholder ikke kalk og andre enheder indeholder 30 %.

### **Trivialbetegnelse/lithostratigrafi**

Tykkelsen varierer mellem 45 og 88 m. Udbredelsen af Branden Leret er meget begrænset. Sedimenterne blev formentlig eroderede forud for aflejringen af Vejle Fjord Formationen i Sen-Chatt. Ved Hesselbjerg ses en afvigende lithologi. Her er leret stærkt bioturberet, farven mere grågrøn og glaukonitten er mere grovkornet og begrænset til de basale dele. Det indeholder dårligt bevarede muslinger og snegle samt enkelte pyritkonkretioner. Lagbundne sideritkonkretioner optræder nogle steder med store sporfossiler. Den uformelle term Hesselbjerg facies er derfor introduceret for samtidige aflejringer med samme lithologi som ved Hesselbjerg.

Aflejringsmiljøet synes at kunne tolkes som et iltholdigt ydre shelf miljø med nogen oceanisk indflydelse.

### **Alder**

Tidlig Sen-Oligocæn. Foraminifearten *Asterigerina gürichi gürichi* dominerer og muliggør en korrelation til den såkaldte *A. gürichi* horisont i Nord Tyskland og det kan sandsynligvis datere sedimentet til tidligst Sen-Oligocæn (Chatt A, tidlig Eochattien). Denne datering er bekræftet af nanofossiler, som indikerer, at leret tilhører biozone NP 24.

## **Vejle Fjord Formationen (nedre, lerede del)**

### **Beskrivelse**

Den nedre og lerede del af Vejle Fjord Formationen udgøres overvejende af leret og sandet silt og er opdelt i 2 enheder; Brejning Ler og Vejle Fjord Ler.

Brejning Leret er normalt nogle meter tykt (5 – 9 m). Det er glaukonitisk til stærkt glaukonitisk, bioturberet og med et tydeligt indhold af lys glimmer.

Vejle Fjord Leret kan være mellem 25 - 50 m tykt. Det bliver successivt grovere opefter, hvor der begynder at optræde specifikke lag og/eller linser af sand. I toppen ses en gradvis overgang til glimmersand, der henføres til Vejle Fjord Sandet, hvilket ikke beskrives nærmere her. I begge de lerede enheder findes skaller fra snegle og muslinger. Lagene er bioturberede og indeholder ikke glaukonit. Farven kan være næsten sort eller mørkebrun. Kvartsindholdet er markant større end i underliggende tertiære lag. Kalkindholdet er meget lille eller helt fraværende.

Ved Hostrup Strand på Salling består Vejle Fjord Formationen af en tyk serie kompakt glimmerler, efterfulgt af vekslende sandede og lerede sedimenter, der gennemgående er kraftigt bioturberede.

**Trivialbetegnelse/lithostratigrafi**

Aflejringsmiljøet er tolket som lagunalt.

**Alder**

Oligocæn/Miocæn. De nederste lag er stedvist henført til øverste del af Chattien, men en lagunær facies kan meget vel være tidstransgressiv/regressiv.

# Bilag1: Dagsrapport





## **Bilag 2: Prøvebeskrivelseskema**

<b>Sagsnummer:</b>		<b>Sagsnavn:</b>		<b>Journalnummer:</b>		<b>Side af</b>																								
<b>DGU-nr:</b>		<b>Boring nr:</b>		<b>Borested:</b>																										
Koordinater (Euref89 zone32):		X:	Y:	Z (terræn):		<b>Matrikelnummer:</b>																								
Usikkerheder (GPS):		XY:		Z:																										
Udført af (boreentreprenør):						<b>Boremetode:</b>																								
Udført for:						<b>Borehoved</b>																								
Tilsynsførende:				<b>Dato (borearbejde):</b>		Start:	Slut:																							
Dato (for udfyldelse af skema)				<b>Pejling, ro, borearbejde</b>		Dato:	VSP (mut):																							
Prøver beskrevet i:		Felten      Laboratorie		<b>Pejling, ro</b>		Dato:	VSP (mut):																							
Prøvebeskrivelse udført af:				<b>Andet:</b>																										
Gennemsnitlig prøve-størrelse (anslået):				Cuttings Ier/silt    kalk																										
Prøve nr.	Dybde (mut)	Lag-grænse	Klokke-slet	Dato	Beskrivelse af jordprøve*	Subjektiv farve	Store	Små	Ommørt	Hårde	Bløde	Slam	HCL** (10%)	Ox	Redox Red	Farvekode (Munsell)	Vælg (rullemenu):	Vælg (rullemenu):	Miljø	Alder	DGU symb.	Trivial-betegnelse	Note	DGU-prøve	Jordprøver: (nr.)	Andet	Andet	Andet	Prøvenr.:	
1																														1
2																														2
3																														3
4																														4
5																														5
6																														6
7																														7
8																														8
9																														9
10																														10

Bemærkninger:

\* Rækkefølgen er: hovedlithologi (store bogstaver); kornstr., sort. grad, bikomp., strukturer, farve, mineralogi

\*\* HCL bedømmes på en skal fra 0-3 efter følgende betegnelse: 0=kalkfri, 1=svagt kalkholdig, 2=kalkholdig, 3=stærkt kalkholdig

Noter:



## **Bilag 3: Hjælpekemaer til prøvebeskrivelsen**

**Klastiske sedimenter**

**Organiske aflejringer**

**Kalk**

Beskrivelse										Tolkning	
Hovedbetegnelse (skrives med stort)	Kornstørrelse	Sortering	Bikomponenter		Strukturer (udvalgte)	Farve	Mineraler	Kalkindhold	Trivialbetegnelser (udvalgte)	Dannelses- miljø	Alder
			Underordnede kornfraktioner	Andre bi- komponenter							
LER (SKIFFER LERSTEN)	meget fedt fedt ret fedt siltet/sandet st. siltet/st. sandet			Plantedele: planterødder planterester plantestykker	lamination lagdeling			Glimmerler Littoraler Cyprinaler Yoldialer Blanke Ler Plastisk ler			
SILT (SILTSTEN)	leret til st. leret sandet til st. sandet			<u>Muld:</u> muldet muldstriber muldklumper	graderet lagdeling			Glimmersilt			
SAND (SANDSTEN)	fint (f) fint-mellem (f-m) mellem (m) mellem-groft (m-g) groft (g)	Velsorteret (velsort.)  Sorteret (sort.)	leret siltet sandet (f,m,g) gruset (f,g) stenet	<u>Organisk indhold:</u> organiskholdigt humusstriber tørveholdigt gyfjeholdigt	partier, linser og slirer af andet materiale bioturbation		<u>Kalkindhold</u>  kalkfrit (kfr.), (kode: 0)  svagt kalkholdigt (sv.khl.), (kode: 1)	Glimmersand Kvartssand Tapes Sand Saxicava Sand Hvide Sand	Marin (Ma) Brakvand (Br) Ferskvand (Fe) Smeltevand (Sm)	Postglacial (Pg) Senglacial (Sg) Glacial (Gc)	
GRUS (KONGLOMERAT BRECCIE)	fint (f) groft (g)	Ringe sorteret (ringe sort.)	Som mængde- angivelse benyttes:  svagt (sv.) stærkt (st.) enkelte (enk.)	<u>Skaller:</u> skaller skalstykker skalfragmenter	glimmer, pyrit, glaukonit mangan, okker, m.m		kalkholdigt (khl.), (kode: 2)	Kvartsgrus	Vind (vi)  Flydejord (Fl) Skredjord (Sk) Nedskyl (Ne)	Interglacial (Ig) Interstadial (Is) Neogen (Ne) Palaëogen (Pa)	
STEN (KONGLOMERAT BRECCIE)	angiv størrelsen	Usorteret (usort.)		<u>Andet:</u> brunkul, tungsand, lerklaster, klumper af ler og silt,	glimdeflader sprækker brokket fissilt	Efter Munsell farvekort eller evt. subjektivt, så simpelt som muligt		Lokalmoræne Kalkmoræne	Overjord (O)  Gletscher (Gl)	Kridt (Kt) Paleocæn (Pl) Eocæn (Eo) Oligocæn (Ol) Miocæn (Mi)	
MORÆNELER	meget fedt fedt ret fedt siltet/sandet st.siltet/st.sandet										
MORÆNESILT	leret til st. leret sandet til st.sandet										
MORÆNESAND	fint (f) mellem (m) groft (g)										
MORÆNEGRUS	fint (f) groft (g)										

Øvrige forkortelser: enkelte (enk.) klumper (klp.) partier (part.) homogent (hom.) indhold (indh.)  
med (m.) misfarvet (misf.) omdannet (omdan.) stykker (stk.) inhomogent (inhom.)  
vekslende (veksl.)

Disposition for beskrivelse og tolkning af klastiske sedimenter samt eksempler på hyppigt anvendte beskrivelser og tolkninger. Hovedbetegnelserne i parentes er hærdnede varianter, der i forbindelse med vandressourcer primært træffes på Bornholm. Original figur Jette Sørensen.

Beskrivelse				Tolkning		
Hoved- betegnelse	Omdannelses- grad	Bikomponenter		Dannelses- miljø	Typiske aldre	
		Underordnede kornfraktioner	Øvrige bikomponenter			
TØRV	Umdannet	leret eller sv. leret	<u>Større plantedele:</u> f.eks. Strå Grene Frø  <u>Skaller:</u> Skalfragmenter Skalstykker Skaller	Ferskvand (Fe)	Postglacial (Pg) Senglacial (Sg) Interstadial (Is) Interglacial (Ig)	
TØRV/ GYTJE	Svagt omdannet					
	Omdannet					
	Stærkt omdannet			siltet eller sv. siltet		Marin (Ma)
GYTJE				sandet eller sv. sandet		Brakvand (Br)
KALGGYTJE						Ferskvand (Fe)
DIATOMIT						Interglacial (Ig) Eocæn (Eo)
BRUNKUL				Neogen (Ne) Miocæn (Mi)		
MULD						

*Disposition for beskrivelse og tolkning af organiske sedimenter samt eksempler på hyppigt anvendte beskrivelser og tolkninger.*

Beskrivelse							Tolkning	
Hovedbetegnelse	Hærdningsgrad	Kornstørrelse	Bikomponenter	Strukturer	Mineralogi	Dannelsesmiljø	Typiske aldre	
KALK	Uhærdnet (H1)	Sandet /gruset	Skaller: Skalfragmenter Skalstykker Skaller	Lagdelt Lamineret	Flint, porøst, lys Flint tæt, farve	Marin (Ma)	Kridt (Kt) Maastrichtien (Ma) Campanien (Ca)	
	Sv. hærdnet (H2)	Sandet, svagt slammet		Bioturberet	Glauconit			
	Hærdnet (H3)	Sandet, slammet	Krystalline korn Kvartskorn		Pyrit			
	St. hærdnet (H4)	Stærkt slammet						Postglacial (Pg) Interglacial (Ig)
DOLOMIT								
JERNKARBONAT (Siderit)								

*Disposition for beskrivelse og tolkning af karbonatsedimenter samt eksempler på hyppigt anvendte beskrivelser og tolkninger.*







## GEO-VEJLEDNING 1 JORDPRØVER FRA GRUNDVANDSBORINGER

Som støtte for den nationale grundvandskortlægning udarbejder GEUS i samarbejde med By- og Landskabsstyrelsen og miljøcentrene faglige vejledninger i forskellige aspekter af grundvandskortlægningen. Disse vejledninger udgives i en serie kaldet Geo-Vejledninger, og skal blandt andet tjene som fagligt grundlag for de udbud af kortlægningsopgaver som miljøcentrene foretager.

Nærværende Geo-Vejledning sammenfatter erfaringerne med udtagning, beskrivelse og tolkning af jordprøver fra borer til grundvandskortlægning foretaget gennem de senest 10 år. Det er formålet, at sikre at der opnås et ensartet og solidt datagrundlag for det videre arbejde med de geologiske oplysninger fra boringerne bl.a. ved opstilling af modeller.