DANMARKS OG GRØNLANDS GEOLOGISKE UNDERSØGELSE RAPPORT 2001/43

Københavns Vand, Lyksager

Udførelse af geofysiske borehulslogs, samt sedimentologisk og stratigrafisk beskrivelse af borekerne i forbindelse med ny undersøgelsesboring DGU nr. 207.3579

Jørn Morthorst, Jan Audun Rasmussen, Erik Clausen
og Lisbeth Flindt Jørgensen

DANMARKS OG GRØNLANDS GEOLOGISKE UNDERSØGELSE
MILJØ- OG ENERGIMINISTERIET

G E U S

DANMARKS OG GRØNLANDS GEOLOGISKE UNDERSØGELSE RAPPORT 2001/43

Københavns Vand, Lyksager

Udførelse af geofysiske borehulslogs, samt sedimentologisk og stratigrafisk beskrivelse af borekerne i forbindelse med ny undersøgelsesboring DGU nr. 207.3579

Jørn Morthorst, Jan Audun Rasmussen, Erik Clausen
og Lisbeth Flindt Jørgensen

DANMARKS OG GRØNLANDS GEOLOGISKE UNDERSØGELSE
MILJØ- OG ENERGIMINISTERIET

GEUS

Indholdsfortegnelse

Indledning 4

Boringsudbygning 5

Boring 1, (kerneboring) 5
Sedimentologisk og stratigrafisk beskrivelse af boringen 5
Biostratigrafi 7
Sedimenttyper (sedimentære facies) 7
Kridt/Palæogen grænsen 8
Aflejringsmiljø 8
Udtagning af kerneprøver til kemisk analyse 9
Udtagning af kernemateriale til polerprøver og sulfidbestemmelser 9
Boring 2, DGU nr. 207.3579 9
Geofysiske logs 10
Beskrivelse til de enkelte logtyper (a) fig. 3 10
Gammalog 10
Induktionslog 10
Resistivitetslog 11
Temperaturlog, med- og uden pumpning 11
Ledningsevnelog, med og uden pumpning 11
Kaliberlog 11
Flowlog 12
Geofysiske logs udført efter 1 uge´s prøvepumpning (fig. 4): 12
Beskrivelse til de enkelte logtyper (b) 12
Gammalog 12
Temperaturlog 12
Ledningsevnelog 12
Sammenfatning: 13
Geofysiske logs udført efter afpropning og udsyring (fig. 5) 13
Gammalog 13
Temperaturlog med- og uden pumpning 14
Ledningsevnelog med- og uden pumpning 14
Kaliberlog 14
Flowlog 14
Sammenfatning 14
Geofysiske logs efter 5 ugers prøvepumpning (renpumpning) (fig. 6). 15
Ledningsevnelog 15
Induktionslog 15
Temperaturlog 15
Flowlog 15
Sammenfatning 15

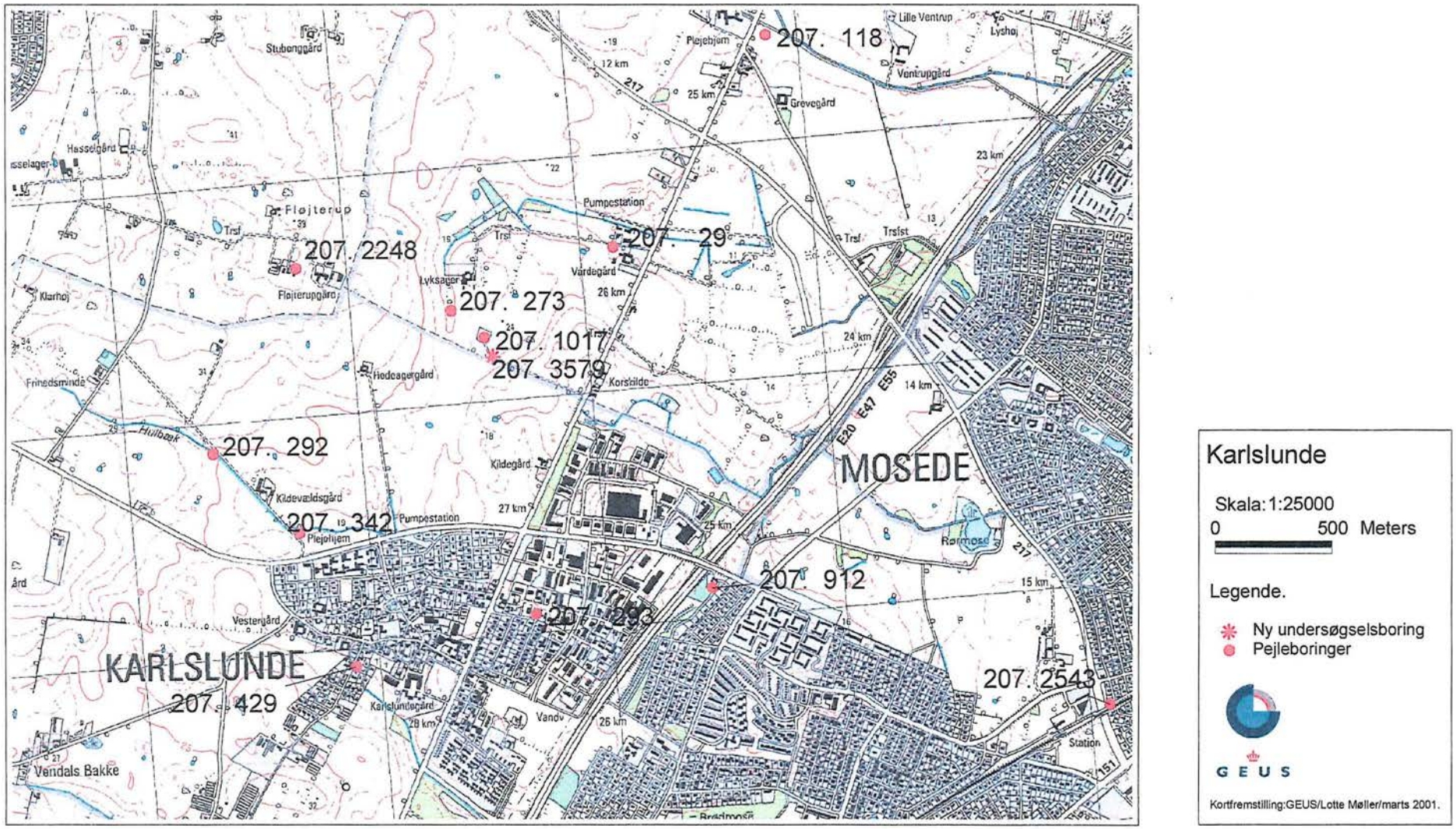
Prøvepumpning og registrering af vandspejlsvariationer 16
Effekten på grundvandsspejlet i omkringliggende boringer før, under og efter prøvepumpning: 17
Konklusion 18
Referencer til afsnittet: Sedimentologisk og stratigrafisk beskrivelse af kerneboring 18

Bilag 1: Foraminifer indhold i 14 udvalgte prøver fra kerneboringen
Bilag 2: Sedimentologisk log over kerneboringen
Bilag 3: Udtagning af kerneprøver til kemisk analyse
Bilag 4: Borerapport for boring DGU nr. 207.3579

Indledning

Undersøgelsens formål er, på baggrund af en ny undersøgelsesboring, at vurdere muligheden for etablering af en ny kildeplads, med indvinding fra kalk/kridt reservoiret, til supplering af kildepladsen ved Vardegård der har store problemer med nikkel.
For at få belyst alle aspekter vedrørende evt. nuværende og fremtidige problemer for en ny indvinding, blev der udført en kerneboring dækkende de øverste 40 m af kalk/kridt formationen.
Efterfølgende er kernerne beskrevet sedimentologisk og biostratigrafisk og herefter flækket, hvorefter materiale fra den ene kerne-halvdel er udtaget til knusning og sendt til kemisk analyse.
Af den anden halvdel er der på baggrund af de kemiske analyser udtaget 2 prøver til fremstilling af polerprøver for beskrivelse af sulfid-mineraliseringen. Formålet hermed er at få belyst, hvilke mineraler nikkel især er knyttet til, samt koncentrationen af disse. På baggrund heraf kan man forsøge at tilrettelægge en indvindingsstrategi, så nikkelproblemet kan undgåes.
I umiddelbar nærhed af denne boring er der udført en ny undersøgelsesboring til 100 m.u.t. DGU nr. 207.3579 (fig.1), med efterfølgende geofysisk logging til belysning af formationens vandafgivelse og grundvandets kvalitet, herunder dybden til det salte grundvand, der er registreret ca. 100 m.u.t. i andre dybe boringer i området.

For at få et overblik over vandspejls variationer under de nuværende indvindingsforhold og før evt. opstart af en ny kildeplads ved Lyksager, blev der opsat dataloggere i udvalgte omkringliggende boringer (fig.1, tabel 1). At de første dataloggere blev sat op allerede i august måned 2000, skyldes at prøvepumpning i den nye undersøgelsesboring DGU nr. 207.3579 ,havde forventet opstart ultimo september. Dette kom ikke til at holde stik, da kloridindholdet i bunden af boringen var relativt højt, og boringen samtidig havde en dårlig specifik ydelse (ca. 1,75 m^3/time/m afsænkning).
På grund af kloridindholdet og den dårlige ydelse, blev det besluttet at lukke boringen i bunden fra ca. 100 m til 80 m.u.t., og derefter at udsyre boringen for at få en bedre specifik ydelse. Disse tiltag bevirkede at projektet blev ganske meget forsinket, så en længerevarende prøvepumpning kunne først startes op den 25. januar 2001.



Figur 1: Oversigtskort med placering af ny undersøgelsesboring samt omkringliggende "pejleboringer".

Boringsudbygning

Der er udført 2 separate boringer, her nummereret boring 1 (kerneboring), og boring 2 (skylleboring, DGU nr. 207.3579)..
Boring 1 er udført af Faxe Kalk A/S, som en ca. 60 m dyb kerneboring med udtagning af orienterede borekerner i de øverste 40 m af kalk/kridt formationen. Der er boret med en udvendig diameter på 76 mm/kernediameter 60 mm, og en hældning på ca. 5^0. Den lille hældning var iflg. boreformanden nødvendig for udtagning af orienterede borekerner.
Umiddelbart efter kerneboringen er borehullet fyldt op med bentonit, hvilket forhindrede en senere udførelse af en påtænkt optisk teleview log. Loggen skulle have været brugt i en detailbeskrivelse af kalkens struktur, sprækketæthed og sprækkeorientering, og som et sammenligningsgrundlag ved den samtidige visuelle borekernebeskrivelse.
Ønsket var, efter div. undersøgelser af borehullet, at udbore kerneboringen (boring 1) til en større dybde og diameter, for således at have mulighed for en direkte sammenligning af borekerne-beskrivelsen med de geofysiske logdata. Dette var ikke muligt med det tungere boregrej fra Københavns Vand, på grund af kerneboringens hældning. Det indledende mindre borehul (boring 1) kunne således være årsag til utætheder langs borerøret ved boringens endelige udbygning til 250 mm, og dette var årsagen til, at borehullet efter kerneboringen blev fyldt op med bentonit.

Der er efterfølgende udført en ny skylleboring (boring 2) til ca. 100 m.u.t., Ø = 350 mm, med udtagning af sedimentprøver for ca. hver 5 meter, til beskrivelse i GEUS´ boreprøvelaboratorium. Den store diameter skyldes ønsket om mulighed for på et senere tidspunkt at bruge boringen som indvindingsboring. Den endelige boring DGU nr. 207.3579 (2) er udbygget med Ø = 250 mm PVC forerør til 21,16 m u.t. og står herunder og til boringens bund ved ca. 100 m.u.t., som en åben kalkboring. Rovandsspejlet er i boringen målt til 8,93 m.u.t.. Ved pumpning med 12 m^3/time falder vandspejlet til 15,75 m.u.t., dvs. at boringens specifikke ydelse er mindre god (ca. 1,75m^3/time/m afsænkning). Ledningsevnen målt på blandingsvand med Mobro instrument viser 60 mS/m, hvilket er af normal størrelsesorden.

Boring 1, (kerneboring).

Sedimentologisk og stratigrafisk beskrivelse af boringen

Boringen er udført som en kerneboring med TD (terminal depth) i 58 m. De øverste 20,6 m af kernen er meget mangelfuldt repræsenteret, hvorimod intervallet fra 20,6 m til 58 m under jordoverfladen er næsten komplet. Kalk af Nedre Paleocæn (Danien) alder blev nået i 17 meters dybde og skrivekridt fra Kridttiden (Øvre Maastrichtien) i godt 38 meters dybde.
Den udarbejdede sedimentologiske log (bilag 2) er baseret på en makroskopisk kernebeskrivelse i laboratoriet. Der er analyseret 14 mikrofossilprøver (bilag 1) med henblik på at

en biostratigrafisk datering baseret på foraminiferer (encellede, kalkskallede mikrofossiler). Fossilerne blev oparbejdet ved simpel sigtning af kalksedimentet under rindende vand. Sedimentkorn i fraktionen 0.063 mm - 1 mm blev analyseret ved hjælp af mikroskop med påfaldende lys.

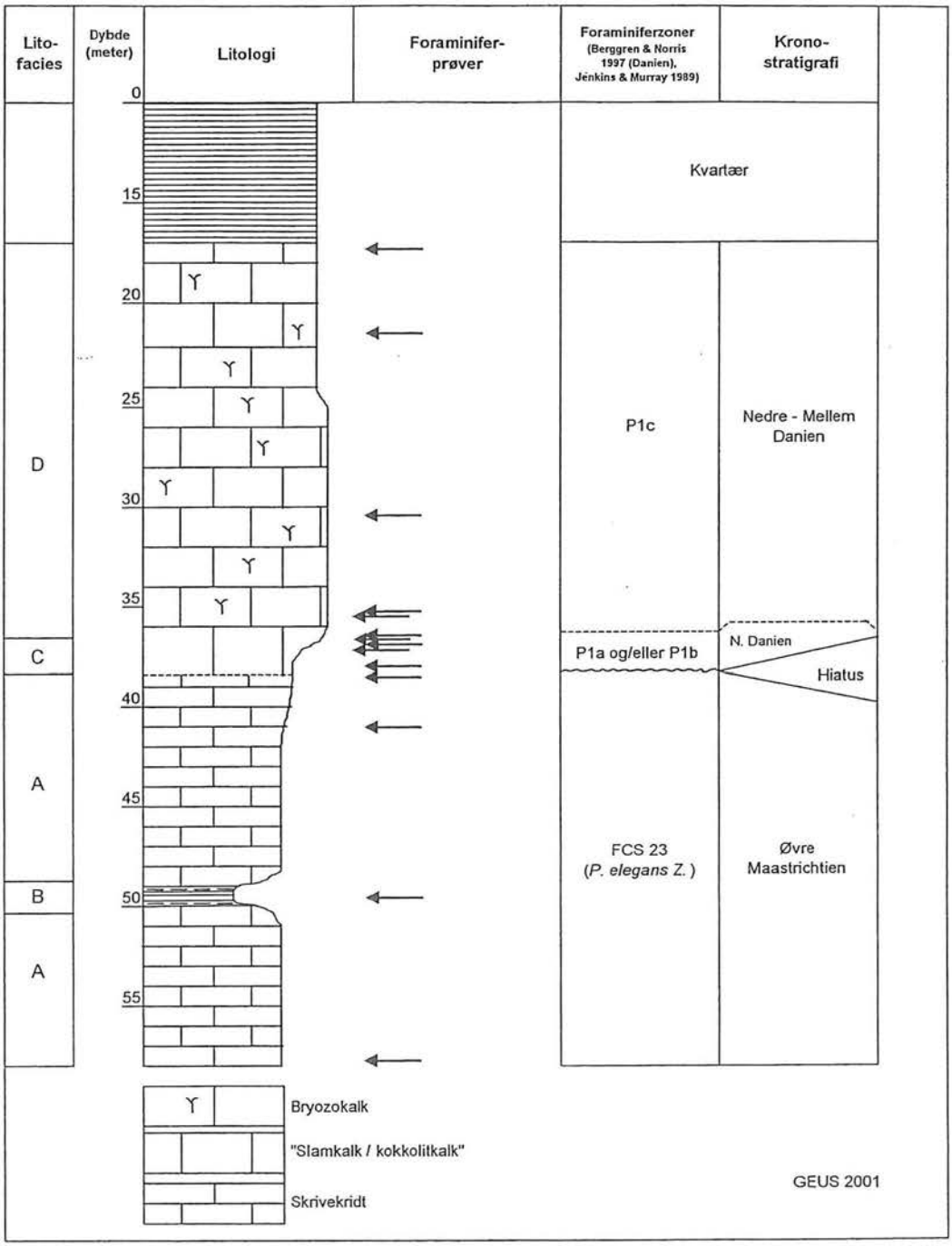


Fig. 2. Simplificeret log over kerneboringen med litofacies, foraminiferzoner og prøveniveauer.

Biostratigrafi

57,85 m - 38,53 m under overfladeniveau
Fire prøver er analyseret fra intervallet (bilag 1). De planktiske foraminiferer *Globigerinelloides multispina, Heterohelix globulosa, Rugoglobigerina rugosa* er almindelige og forekommer sammen med de bentiske foraminiferer *Bolivinoides draco draco, Bolivinoides decoratus giganteus, Brizalina incrassata, Gavelinella danica, Praebulimina laevis, Stensioeina pommerana* og *Tappanina selmensis.*
Alder: Øverste Maastrichtien, nærmere betegnet den pelagiske Zone FCS 23 (*P. elegans* Zonen) cf. Jenkins & Murray (1989).

36,52 m - 38,08 m under overfladeniveau
Fire prøver er analyseret fra intervallet. De planktiske foraminiferer *Eoglobigerina*? spp., *Eoglobogerina eobulloides, Globoconusa daubjergensis* og *Parasubbotina pseudobulloides* er tilstede, hvoraf *G. daubjergensis* er almindelig. De bentiske foraminiferer *Angulogavelinella avnimelechi, Cibicides succeedens, Gyroidinoides* spp., *Osangularia* spp. og *Siphonodosaria* ex gr. *gracillima* er relativt almindelige.
Alder: Faunaen er af nedre Danien alder (Zone P1a og/eller P1b cf. Berggren & Norris 1997).

17,00 m - 36,40 m under overfladeniveau
Seks prøver er analyseret fra intervallet. De planktiske foraminiferer *Globoconusa daubjergensis, Parasubbotina pseudobulloides, Parasubbotina varianta* er tilstede sammen med bl.a. de bentiske foraminiferer *Gavelinella danica, Gavelinella lellingensis, Cibicidoides succeedens* og *Osangularia* spp.
Alder: Nedre til mellem Danien (Zone P1c cf. Berggren & Norris 1997).

Sedimenttyper (sedimentære facies)

Der er observeret fire sedimentære hovedfacies (bilag 2): A) skrivekridt, B) mergel, C) delvist hærdnet slamkalk samt D) bryozokalk. Flintnoduler findes med mellemrum gennem hele det gennemborede interval.

Facies A (skrivekridt)
Litologi: Enheden er opbygget af pelagiske komponenter (især hærdnet kokkolitslam) med et lavt indhold af finkornede skalfragmenter fra bentiske organismer (bl.a. bryozoer, foraminiferer, muslinger) og siliciklastisk ler. Enheden udgøres af mudstone eller - mere sjældent - wackestone. Bioturbation er hyppig og sporforssilerne *Zoophycos* og *Thalassinoides* er almindelige. Horisonter med sorte flintnoduler er almindelige og findes med 1 til 2 meters vertikal afstand.
Udbredelse: Facies A er observeret i den nedre del af boringen i intervallet fra 58 m til 38 m under overfladeniveau (Fig. 2).
Alder: Øvre Maastrichtien (Øvre Kridt).

Facies B (mergel)
Litologi: Mergel, der udgøres af slamkalk (mudstone) opblandet med siliciklastisk materiale, hovedsaglig ler.
Udbredelse: Facies B findes i niveauet fra ca. 50 m til ca. 49 m. Mergellaget, der findes ca. 11 m under Danien/Maastrichtien-grænsen, kendes bl.a. fra boringer ved Solrød (Rasmussen, upublicerede data) og TUBA-13 boringen i København (Hansen *et al.* 1987, Larsen 1998), hvor den er tykkere og er ækvivalent til den øvre Kretassiske Kjølby Gård Mergel i Nordjylland (Troelsen 1955).
Alder: Øvre Maastrichtien (Øvre Kridt).

Facies C (slamkalk)
Litologi: Delvist hærdnet slamkalk (wackestone) med et relativt lille indhold af bryozoer og andre skeletfragmenter.
Udbredelse: Facies C er kun sparsomt udbredt i Danienkalken i Lyksagerboringen og ses kun ved basis af Danien (ca. 38,3 m til 37 m)
Alder: Er observeret i lag af Nedre Danien alder.

Facies D (bryozokalk)
Litologi: Packstone opbygget af delvist fragmenterede bryozoer og skeletfragmenter fra andre fossilgrupper (hyppigst echinodermer) i en matrix af delvist hærdnet slamkalk. Mikroskopiske kokkolitter og foraminiferer er almindelige. Enheden består hovedsaglig af packstone, men intervallet fra 24 m til 17 m under overfladeniveau har et lavere indhold af skeletdele end den underliggende del af bryozokalken og kan karakteriseres som intermediær mellem wackestone og packstone. Blotninger ved bl.a. Stevns Klint viser, at bryozokalken oftest kan karakteriseres som bryozo-packstone-mounds (Surlyk 1997). Horisonter med sorte og grå flintnoduler er almindelige.
Udbredelse: Facies D er den altdominerende facies i Danienkalken fra ca. 36 m til 20,6 m.
Alder: Nedre til Mellem Danien.

Kridt/Palæogen grænsen

Grænsen mellem Facies A og C er identisk med Kridt/Palæogen-grænsen (tidligere kaldet Kridt/Tertiær- eller K/T-grænsen). Grænsen er ikke markeret af fiskeler eller *Cerithium*-kalk, som det kendes fra Stevns Klint, men er karakteriseret af en tilsyneladende diffus overgang fra Facies A til C. Den utydelige grænse kan dog skyldes borekernens bevaringsgrad. Grænsen ses imidlertid tydeligt på foraminiferfaunaen, der ændrer sig markant mellem de to facies. Foraminiferfaunaen, der karakteriserer det nederste Danien (foraminiferzonerne P0 og Pα) ikke er observeret i Lyksagerboringen, hvilket viser, at en hiatus dækkende det basale Danien er tilstede.

Aflejringsmiljø

Det pelagiske skrivekridt (Facies A) blev aflejret i et roligt miljø under den fotiske zone. Små bryozobanker fra det seneste Maastrichtien kendes bl.a. fra Stevns Klint, men er ikke

observeret i Lyksagerboringen. Aflejringsdybden er blevet estimeret til mellem 100 m og 250 m (Håkansson *et al.* 1974, Surlyk 1997).

Mergellaget (Facies B), der gennemskærer skrivekridtet, er formodentlig en ækvivalent til Kjølby Gård Merglen (KGM). KGM indeholder, i modsætning til skrivekridtet, foraminiferarten *Rosita contusa* i Nordjylland. Arten kendes herudover kun fra sydligere, varmere områder og fra Nordsøbassinet (Troelsen 1955, Jenkins & Murray 1989), men er ikke observeret i Lyksagerboringen eller andre østsjællandske boringer. Troelsen (1955) tolkede tilstedeværelsen af *R. contusa* i KGM som et udtryk for en periodevis indstrømning af varmere havvand. Den manglende tilstedeværelse af *R. contusa* i Lyksagerboringen kan måske skyldes forskelle i palæovandmassens fysiske eller kemiske parametre mellem de nordjyske og østsjællandske lokaliteter.

De ældste Danienaflejringer i Lyksagerboringen (Facies C) indeholder flere bryozofragmenter end skrivekridtet, men ikke i nær samme grad som den overliggende bryozokalk. Det er vanskeligt at gisne om aflejringsmiljøet uden en nøjere mikrofaciesanalyse, men det formodes, at aflejringsmiljøet var intermediært mellem skrivekridtet og bryozokalken, hvilket antageligt betyder, at enheden blev aflejret på den øvre kontinentalskråning, på lidt lavere dybde end skrivekridtet.

Bryozokalken (Facies D) findes hyppigt i biogene bankestrukturer i området mellem København (Tuba-13 boringen) og Stevns Klint (Thomsen 1995). Bankerne (mounds) var udsat for strømpåvirkninger (Thomsen 1976), og blev antageligvis dannet i området mellem den ydre kontinentalsokkel og den øvre kontinentalskråning under den fotiske zone (Surlyk & Håkansson 1999).

Udtagning af kerneprøver til kemisk analyse

Kalkkernen er med en sav flækket på langs i intervallet 19 til 45 m.u.t.. Fra 19 til 40 m.u.t. er kernen inddelt i 20 lithologiske, primært merglede og ikke merglede intervaller (bilag 3). Fra disse intervaller er den ene halvdel af kernen sendt til kemisk analyse ved Activation Laboratories i Canada.

Der er næsten udelukkende udtaget prøver fra Danien (bryozokalk), da tidligere undersøgelser (Knudsen 1995) har vist, at forekomsten af nikkel primært er knyttet hertil.

Resultatet vil blive beskrevet i et senere notat.

Udtagning af kernemateriale til polerprøver og sulfidbestemmelser

På baggrund af de kemiske analyser er der udtaget 2 prøver til SEM- studier i niveauer med forhøjet nikkelindhold. Resultatet vil blive beskrevet i et senere notat.

Boring 2, DGU nr. 207.3579

Den geologiske lagserie, der er beskrevet ud fra udtagne sedimentprøver (bilag 4) og borekernebeskrivelsen, består øverst af 14,2 m siltet, sandet og gruset, kalkholdigt moræneler

og herunder til 15 m.u.t. ses et tyndt lag usorteret sand og grus med et stort indhold af kalk og flint. Fra 15 – 20 m.u.t. ses et meget opsprækket kalklag med indhold af kvartært sand og grus.
I intervallet fra 20 – 37 m.u.t. ses bryozokalk (stykker af kalksandskalk), flintholdigt og slammet, fra 20 – 30 m med et mindre indhold af kvartært sand. Ved ca. 37 m.u.t. er grænsen mellem Danien (bryozokalk) og Maastrichtien fastlagt ved hjælp af foraminiferanalyser. Aflejringerne fra Maastrichtien består af meget blødt, stærkt slammet og flintholdigt skrivekridt.
Kjølbygård mergel optræder antageligvis ca. 49 – 50 m.u.t..

Geofysiske logs

a. Umiddelbart efter afslutning af borearbejdet med den 100 m dybe boring DGU nr.207.3579 (2), der står med Ø = 350 mm jern casing til ca. 21,16 m.u.t., er der udført følgende geofysiske logs i boringen: Gammalog, ledningsevne-temperatur logs med- og uden pumpning, induktionslog, resistivitetslog, kaliberlog og flowlog med- og uden pumpning (fig. 3).
b. Efterfølgende er der efter udbygning af boringen med Ø =250 mm PVC- forerør og en uges prøvepumpning, udført gammalog samt temperatur,- ledningsevnelogs til kontrol af evt. ændringer i råvandets ledningsevne og dermed ændringer i saltindholdet (fig. 4).

Beskrivelse til de enkelte logtyper (a) fig. 3.

Gammalog

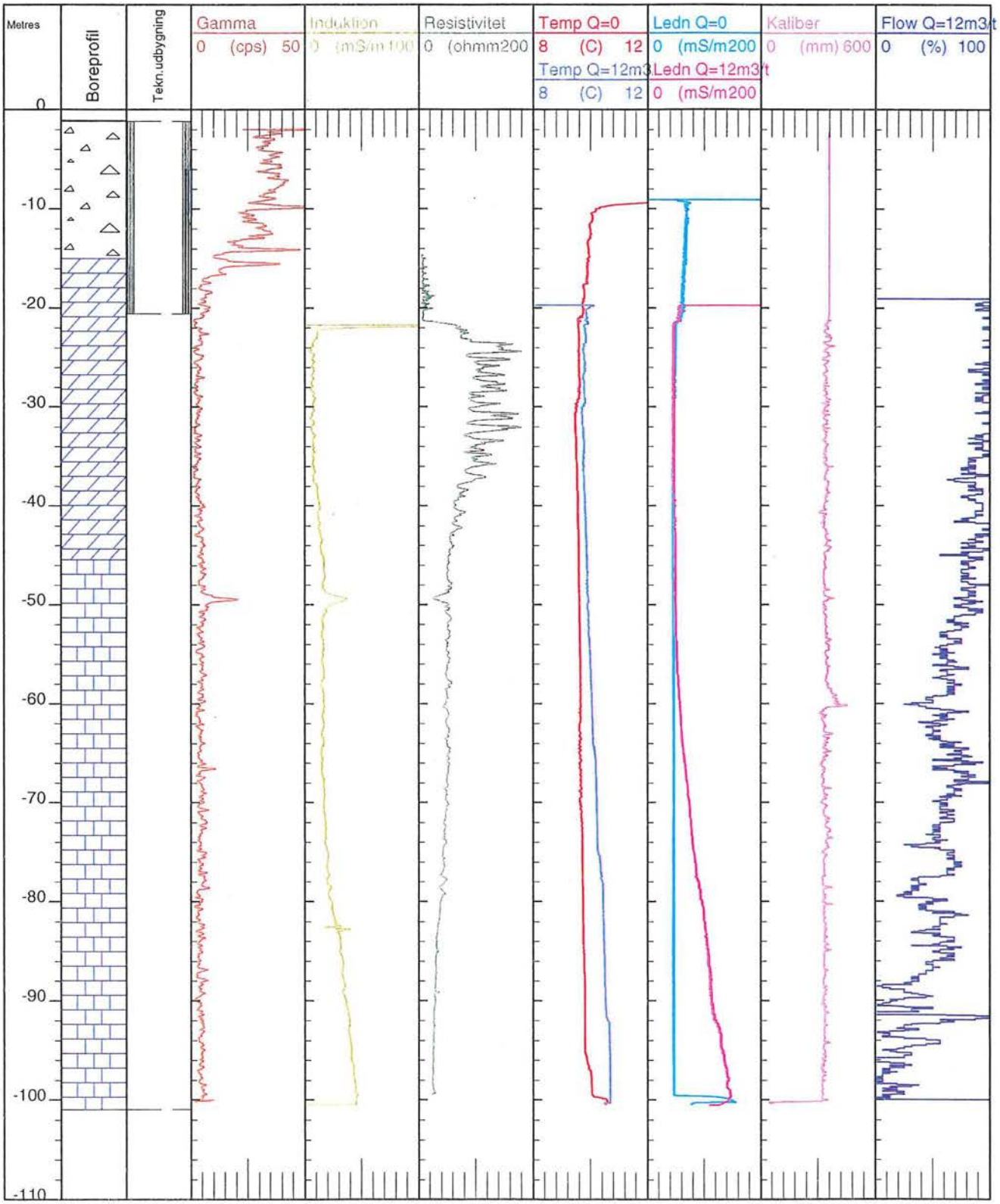
Gammaloggen viser en klar overgang fra den typiske lerede moræne fra terræn til ca. 14 m.u.t. til en mere sand- kalkholdig bjergart herunder. Grænsen til den mere regelmæssige kalkformation er tydeligst markeret ved ca. 21 m.u..t., Loggen viser herfra og nedad en meget ensartet bjergart med en tydelig markerhorisont ved ca. 50 m.u.t. Der kan være tale om et tyndt mergellag (Kjølbygård mergel) der også er beskrevet i borekernebeskrivelsen ved ca. 49 - 50 m.u.t..

Induktionslog

Loggen viser en meget lav formationsledningsevne i den øverste del af kalken med en svag stigende tendens ned til ca 80 m.u.t., hvor stigningen bliver mere markant, for at slutte på ca. 50 mS/m ved boringens bund ca. 100 m.u.t.. Også på induktionsloggen er markerhorisonten ved 50 m. tydeligt markeret.

Figur 3

Well Name: 207.3579 Bor. 1 A
Location: Lyksager, Københavns Vand
Reference: Terræn



Resistivitetslog

Loggen måler en markant højere modstand i den øverste del af kalken ned til ca. 38 m.u.t., hvilket markerer grænsen mellem den overliggende bryozokalk og den underliggende kridt. Fra 38 m og ned ses et svagt fald, der fra 80 m.u.t. til boringens bund bliver mere markant. Markerhorisonten er også her tydeligt markeret ved ca. 50 m.u.t. Der er en fin korrelation mellem induktions- og resistivitetslogs.

Temperaturlog, med- og uden pumpning

Loggen uden pumpning viser i toppen af vandsøjlen ca. 10 ^{0}C og svagt faldende til ca. 9,4^0 C ved 30 m.u.t., med et markeret fald lige under forerøret og igen ca. 30 m.u.t., hvilket indikerer indstrømning af vand fra formationen. Under 30 m.u.t. stiger temperaturen svagt nedad til ca. 9,8^{0}C ved 95 m.u.t. hvor den igen hurtigt stiger til ca. 10^0 C, for indenfor den sidste meter at "springe" til 10,5^0 C, hvilket som tidligere nævnt indikerer en indstrømningszone.
Med pumpning stiger temperaturen generelt i hele vandsøjlen, startende med 10,5^0 C i bunden og faldende i spring der tydeligst ses ved ca. 92 m.u.t., i intervallet 76 – 78 m.u.t. og ved ca. 64 m.u.t., hvilket indikerer indstrømningszoner.
Fra 30 m.u.t., hvor temperaturen er faldet til ca. 9,6^{0}C og til bunden af forerøret ca. 21 m.u.t., har kurven et lidt uregelmæssigt forløb og temperaturen er svagt stigende.

Ledningsevnelog, med og uden pumpning

Ledningsevnen uden pumpning er meget konstant omkring 45 mS/m i intervallet 22 – 99 m.u.t.. Der ses en svag stigning lige under forerøret til ca. 60 mS/m og en kraftig stigning i bunden af boringen ved 99 m til ca. 150 mS/m.
Med pumpning ses en jævnt faldende ledningsevne fra 150 mS/m i bunden af boringen til baggrundsniveau ca. 45 mS/m ved ca. 50 m.u.t.. Der er således et tydeligt tilskud af vand med et højt saltindhold fra bunden og dette er først udlignet (fortyndet) ved de 50 m.u.t. Der er et tydeligt tilskud af ferskvand ved 92 m.u.t. og et mindre tydeligt tilskud ved ca. 78 m.u.t..

Kaliberlog

Loggen viser et meget regelmæssigt borehul med en diameter omkring 350 mm, og med en enkelt større kavitet (Ø = 450 mm) ved ca. 60 m.u.t..

Flowlog

Flowloggen viser et meget uregelmæssigt strømningsmønster, hvor ca. 15% af indstrømningen sker i intervallet 88 – 100 m.u.t.. I intervallet 86 – 88 m er der et tilskud på ca. 40%, ved ca. 50 m yderligere ca. 30% og de sidste 15% strømmer ind ca. 30 m.u.t.. Der er således kun en meget ringe indstrømning i intervallet 50 – 86 m.u.t.

Geofysiske logs udført efter 1 uge´s prøvepumpning (fig. 4):

Gammalog og temperatur- ledningsevnelogs under pumpning på boringen med ca. 12 m^3/time.

Beskrivelse til de enkelte logtyper (b)

Gammalog

Loggen viser et noget "roligere" billede efter udbygning af boringen med PVC forerør og lukning mellem forerør og formation med beton, hvor den indledende log blev udført i stålcasing. Der er dog et ændret logbillede fra ca. 15 m.u.t. til ca. 21 m.u.t., hvor især intervallet 19 – 21 m.u.t. har en noget højere strålingsintensitet, sandsynligvis på grund af beton afpropningen.

Temperaturlog

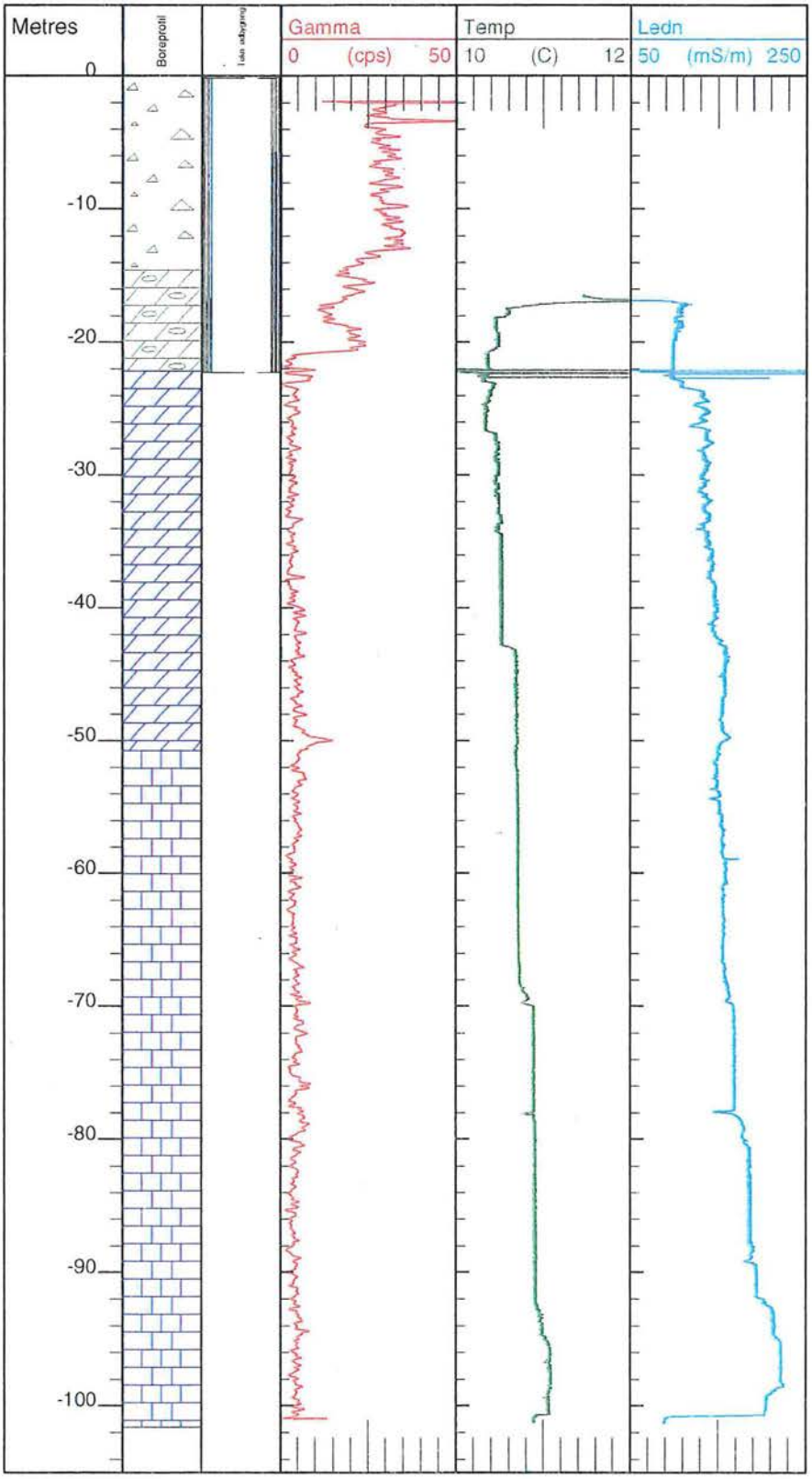
Temperaturloggen viser generelt en højere vandtemperatur end ved de indledende logs (1). Ved bunden er temp. ca. 11,1^{0}C, i intervallet 92 – 94 m.u.t. faldende til 10,9^{0}C, ved ca. 70 m.u.t. faldende til 10,7^{0}C , og ved ca. 43 m.u.t. til ca. 10,5^{0}C, for på de sidste 4 meter (22 – 26 m.u.t.) at ligge på ca. 10,3^{0}C. Temperaturloggen viser altså 4 tydelige indstrømningszoner i kalk/kridt formationen, eller et lidt andet mønster end på temp. loggen udført umiddelbart efter afslutning på borearbejdet.

Ledningsevnelog

Loggen viser i store træk det samme indstrømningsmønster som ses af temperaturloggen. Men ledningsevnen er steget markant under den ene uge´s pumpning, således er ledningsevnen i bunden af boringen nu oppe på ca. 230 mS/m, ved 92 m.u.t. faldende til 190 mS/m, ved 78 m.u.t. til 170 mS/m, hvorfra den så med mindre variationer ved ca. 24 m.u.t. er nede på ca 140 mS/m. Til slut, og lige under forerøret falder ledningsevnen på grund af

Figur 4

Well Name: 207.3579. Lyksager nr. 1
Location: Lyksager, Karlslunde Kbh. Vand
Elevation: 0 Reference: Terræn



et større tilskud af ferskvand til ca. 100 mS/m, der er værdien for blandingsvandet fra boringen.

Sammenfatning:

Gammalogs (a, fig.3 og b, fig.4) viser en tydelig grænse mellem den regulære moræneler ca. 14 m.u.t. og den underliggende opknuste og opblandede del af kalkformationen, for ved ca. 21 m.u.t. at gå over i en mere ensartet kalk/kridt bjergart.
Grænsen mellem bryozokalken og den underliggende kridt er ikke markeret på gammaloggen men er tydeligt angivet på resistivitetsloggen (a) der markerer en grænse ved ca. 38 m.u.t..
Induktions- og resistivitetslogs viser fra ca. 80 m.u.t. til boringens bund en tydelig stigning i formationsledningsevnen, hvilket betyder et større saltindhold.

Ledningsevneloggen viser, efter prøvepumpning i en uge (b, figur 4), en relativt høj ledningsevne på ca. 230 mS/m i bunden af boringen, og at der med undtagelse af indstrømningszoner omkring 92 m.u.t. og 78 m.u.t., hvor der er et tydeligt tilskud af ferskvand, kun sker en langsom fortynding af det saltholdige bundvand til 140 mS/m ca. 24 m.u.t., for til slut i blandingsvandet at have en ledningsevne på ca. 100 mS/m, hvilket er relativt højt.

En evt. afpropning af boringen bør på baggrund af formationsledningsevnen (induktionsloggen) ske fra bunden og op til ca. 80 m.u.t..

Dette er efterfølgende gjort og efter en renpumpning er ledningsevnen i blandingsvand målt til ca. 51 mS/m.
På grund af boringens relativt lave ydelse, der yderligere er reduceret ved lukning af de nederste 20 meter, er der efterfølgende foretaget en udsyring af boringen.

Geofysiske logs udført efter afpropning og udsyring (fig. 5)

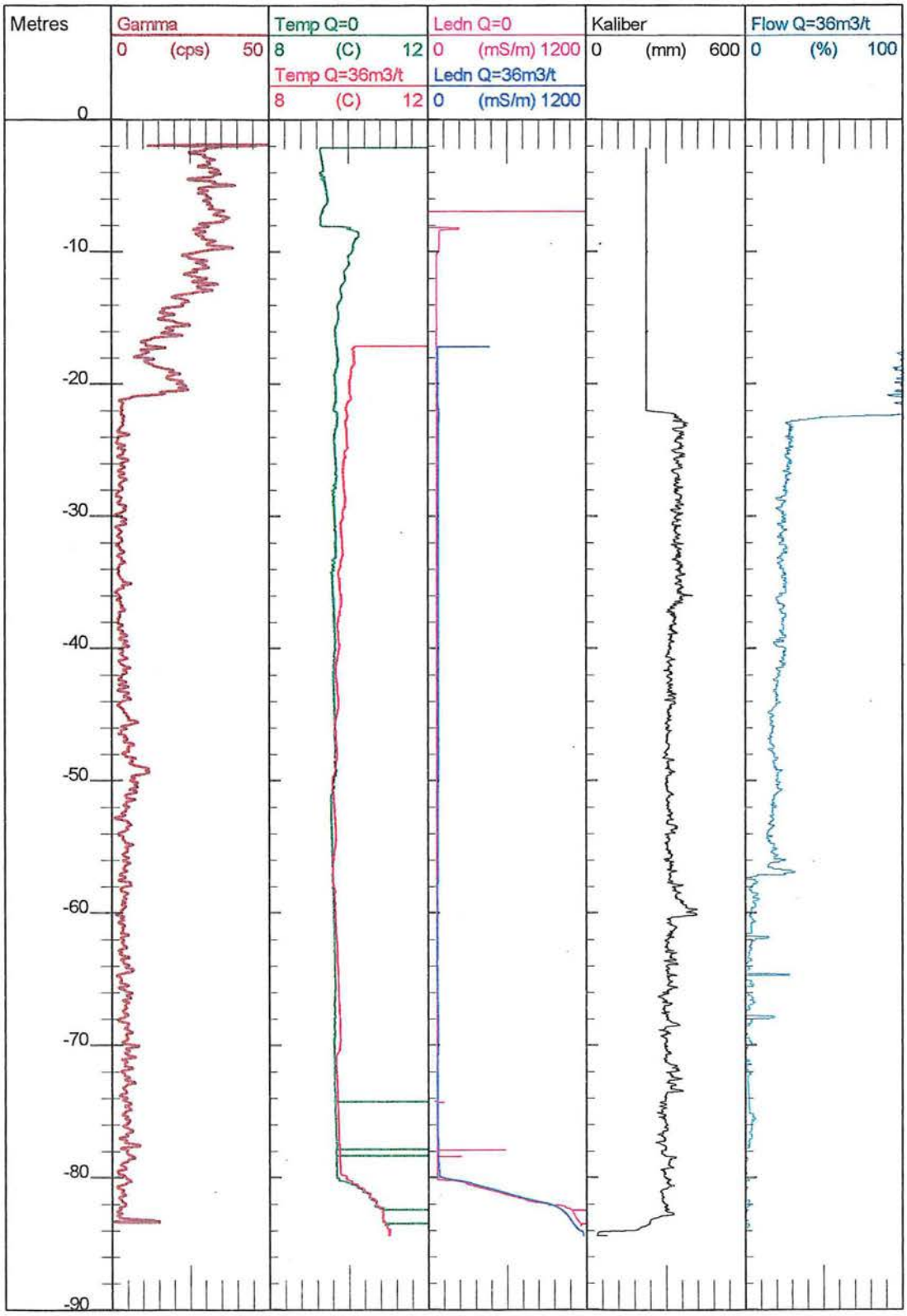
Der er udført følgende logs: Gammalog, temperatur- ledningsevnelogs med og uden pumpning, kaliberlog og flowlog med- og uden pumpning.

Gammalog

Gammaloggen viser det samme billede som før udsyring.

Figur 5

Well Name: 207.3579 Københavns Vand
Location: Lyksager
Elevation: 0 Reference: Terræn



Temperaturlog med- og uden pumpning

Temperaturen uden pumpning ligger meget stabilt omkring ca. 9,6^{0}C fra ca. 80 m.u.t. til ca. 14 m.u.t. (oppe i forerøret) for op mod vandspejlet ca. 8 m.u.t. at stige til ca. 10,5^{0}C.
Den pludselige stigning i temperaturen, der ses i bunden af boringen, skyldes sandsynligvis syrerester, der ikke er blevet fjernet under den lige afsluttede renpumpning (prøvepumpning).
Under pumpning ses den samme temperatur fra bunden af boringen til ca. 38 m.u.t., hvorfra temperaturen med små uregelmæssigheder stiger til ca. 10,4^{0}C ved ca. 18 m.u.t..

Ledningsevnelog med- og uden pumpning

Ledningsevnen ligger meget stabilt omkring ca. 60 mS/m både med- og uden pumpning i hele boringens længde ned til ca. 80 m.u.t., hvor der også på ledningsevneloggen ses en kraftig stigning til ca. 1200 mS/m, og også her, som for temperaturloggen, skyldes det sandsynligvis syrerester.

Kaliberlog

Loggen viser det samme billede efter udsyring som før. Dog kan man erkende en mindre forøgelse af boringens diameter i intervallet fra ca. 36 m.u.t. til bunden af forerøret ca. 21 m.u.t..

Flowlog

Loggen viser, at kun ca. 5% af indstrømningen sker fra boringens bund til ca. 57 m.u.t., at der er et tilskud på ca. 15% fra 57 – 56 m.u.t. og at yderligere 10% strømmer ind jævnt fordelt over intervallet 56 – 23 m.u.t.. De sidste ca. 70% strømmer således ind i de sidste 2 m under forerøret.

Sammenfatning

Efter afpropning og udsyring er der udført en kort renpumpning af boringen til fjernelse af div. syrerester. Resultatet af renpumpningen viser at boringen efter udsyringen har fået en specifik ydelse på ca. 18 m^3/time/m afsænkning, hvilket er et meget flot resultat.
Ifølge ledningsevneloggen er vandkvaliteten den samme ned gennem boringen, og ledningsevnen er af størrelsesorden 60 mS/m, hvilket er normalt. Med hensyn til den høje ledningsevne registreret i bunden af boringen, skyldes dette uden tvivl syrerester, der ikke er fjernet under den korte prøvepumpning. Flowloggen viser, at ca. 70% af indstrømningen sker i intervallet 21 – 23 m.u.t. eller umiddelbart under forerøret, og kun ca. 30% stammer fra et dybere niveau i boringen og heraf kun ca. 5% fra boringens dybeste ca. 25 m.

Geofysiske logs efter 5 ugers prøvepumpning (renpumpning) (fig. 6).

På grund af at der stadig er en forhøjet ledningsevne i blandingsvand fra boringen, blev det besluttet at udføre endnu en temperatur- ledningsevnelog samt en flowlog. Dette blev gjort den 5. marts, under stadig pumpning på boringen med ca. 36 m3/time. Desuden blev der udført en supplerende induktionslog til kontrol af formationsledningsevnen.

Ledningsevnelog

Resultatet af ledningsevneloggen viser klart, at der stadig er alt for høj ledningsevne (1200 mS/m) i boringen ca. 80 – 83 m.u.t., og at den lange prøvepumpning har bevirket at mere "saltholdigt" vand er trukket op i boringen så ledningsevnen op til ca. 56 m.u.t. er så høj som ca. 200 mS/m. Da ca. 20% af indstrømningen sker i ca. 56 m.u.t., bliver ledningsevnen her, umiddelbart reduceret til ca. 65 mS/m, hvor den så holder sig op gennem boringen.

Induktionslog

En supplerende induktionslog viser en formationsledningsevne på 160 mS/m i bunden af boringen, med et fald til ca.100 mS/m ca. 82 m.u.t. og til 50 mS/m ca. 80 m.u.t..

Temperaturlog

Temperaturen i bunden af boringen ligger omkring 11^{0}C faldende opad til ca. 10,3^{0}C, for ved ca. 56 m.u.t. at falde brat til ca. 9,6^{0}C, hvor den så holdes rimelig konstant op gennem boringen.
Der ses et mindre fald i temperaturen ved ca. 62 m.u.t., hvilket kunne indikere, at der her er en svag indstrømning. Også på ledningsevneloggen ses i 62 m.u.t. en svag reaktion.

Flowlog

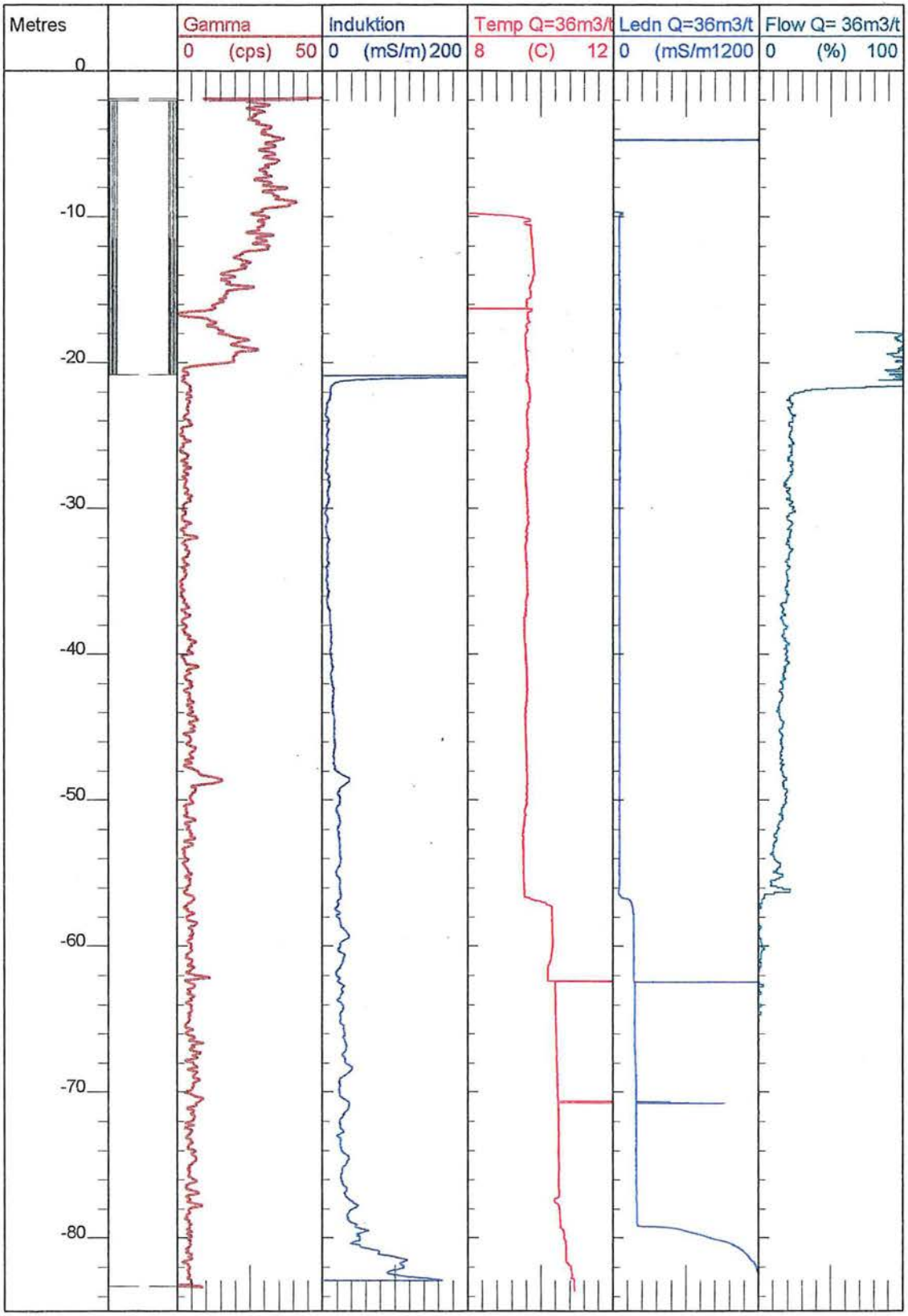
Flowloggen viser som tidligere, at indstrømningen i den dybeste del af boringen stadig er meget sparsom. Der må således stadig være syrerester i boringen, selv efter ca. 6 ugers pumpning.

Sammenfatning

At den høje ledningsevne skyldes syrerester kan der ikke være tvivl om, da ledningsevnen i den 100 m dybe boring aldrig kom op over ca. 160 mS/m ved bunden (fig. 3).
Den 5. marts blev der, for at be- eller afkræfte syreproblemet, udtaget en vandprøve i boringens bund med en MP-1 dykpumpe.
En umiddelbar visuel bedømmelse af vandkvaliteten var, at der er syre i bunden af boringen, det sydede og boblede og ledningsevnen var, ved måling i felten, ca. 800 mS/m.

Figur 6

Well Name: 207.3579 København Vand
Location: Lyksager
Reference: Terræn



Den udtagne vandprøve blev straks sendt til laboratoriet på Thorsbro kildeplads og resultatet viste klart at der var tale om syreholdigt vand. Ledningsevnen blev målt til 23100 mS/m, chloridindholdet til 12500 mg/l, pH til 5,54 og natrium-indholdet til 95 mg/l.
Årsagen til at boringen stadig ikke er renpumpet efter ca. 6 uger´s prøvepumpning med en ydelse på ca. 36 m3/time er, at kalken efter udsyringen er meget højtydende i intervallet lige under forerøret sammenholdt med, at kridtformationen i den dybeste del af boringen har en meget lav permeabilitet.

På grund af analyseresultatet blev der straks sat en mindre dykpumpe (ydelse ca. 5 m^3 /time) ned i bunden af boringen og en renpumpning blev startet op. Under hele pumpeforløbet bliver der kontinuert målt ledningsevne i bunden af boringen og i det oppumpede blandingsvand.

Prøvepumpning og registrering af vandspejlsvariationer

I forbindelse med prøvepumpning af boring DGU nr. 207.3579 over en periode med start den 25. januar og stop den 6. marts 2001, med en pumpekapacitet på ca. 36 m^3/time, er der som kontrol af vandspejlsvariationer nedsat dataloggere/transducere i omkringliggende udvalgte boringer (tabel 1).

Tabel 1: Boringer anvendt til kontrol af vandspejlsvariationer i forbindelse med prøvepumpning på ny undersøgelsesboring DGU nr. 207. 3579 ved Lyksager.
Prøvepumpningen blev startet den 25. januar 2001 og afsluttet den 6. marts 2001, og pejling i omkringliggende boringer blev stoppet den 20. marts.

DGU nr.	Kbh.Vand nr.	Terræn kote m.o.dnn.	Vandspejl start dato	m.u.MP	Vandspejl stop Dato	m.u.MP	Boredyb. m.u.t.
207.29	304	14,24	23/8 00	1,25	20/3 01	1,17	15,2
207.118	206	11,9	23/8 -	6,73	20/3 01	6,44	22,3
207.273	725	20,0	21/8 -	5,81	20/3 01	5,85	23,0
207.292	791	24,64	4/10 -	2,59	20/3 01	2,64	26,8
207.293	792	16,39	21/8 -	11,71	20/3 01	11,81	31,5
207.342	956	20,96	21/8 -	11,97	20/3 01	11,32	24,7
207.429		17,5	23/8 -	9,92	20/3 01	9,71	27,5
207.912		15,0	8/9 -	10,53	20/3 01	10,97	38,0
207.1017		23,0	21/8 -	8,11	20/3 01	8,08	20,0
207.2248		39,0	21/8 -	23,08	20/3 01	23,00	48,0
207.2543		3,0	9/9 -	5,17	20/3 01	5,58	73,0
207.3579	Ny boring	20,0	25/1 01	9,41	20/3 01	9,71	100,0

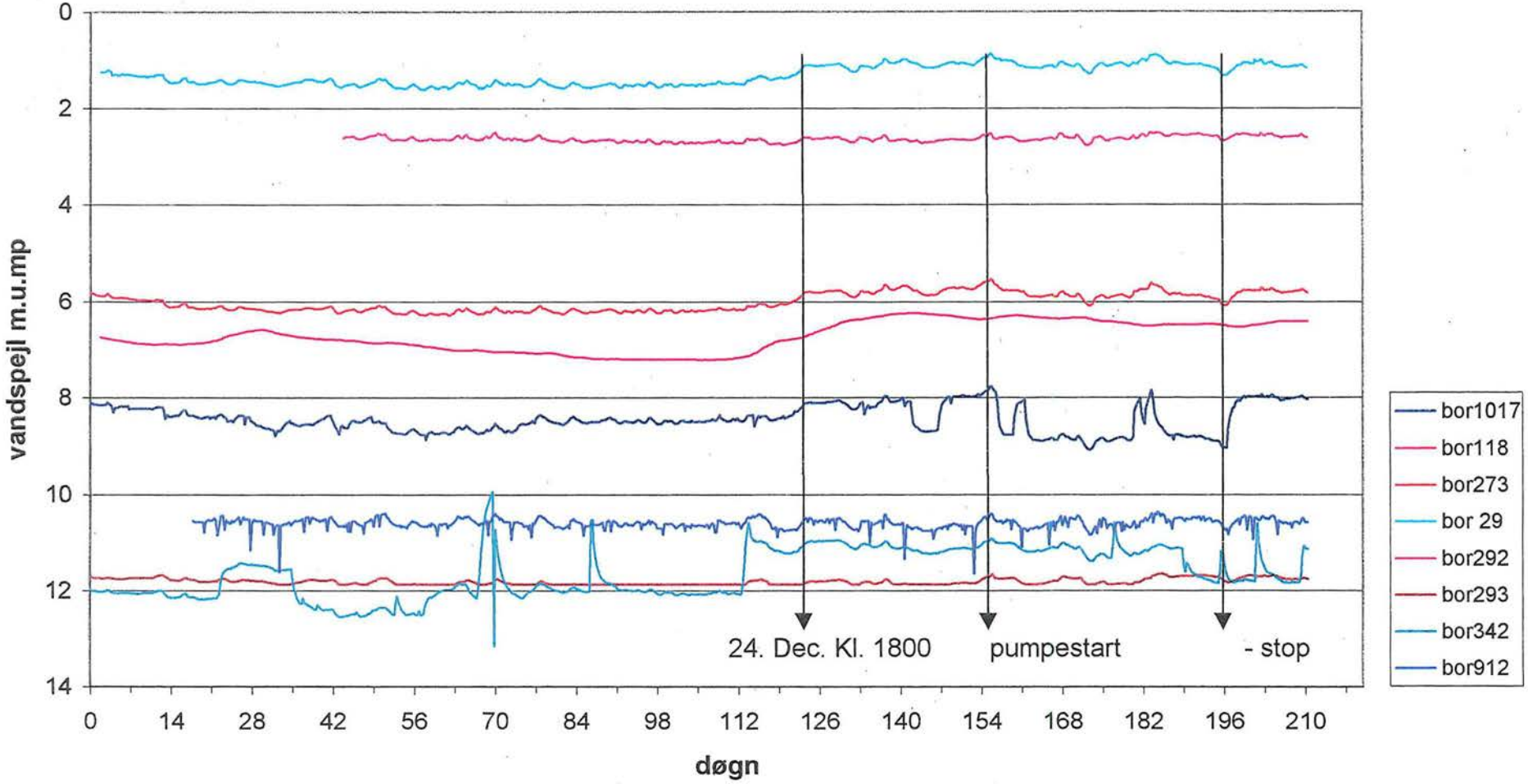
NB.Vandspejlsmålinger er fra målepunkt (MP), hvilket betyder at en evt. beregning af vandspejlskoten er usikker.

Som det fremgår af tabel 1, er transducere i uge 34 (2000) placeret i følgende boringer (fig. 1): 207. 29, 118, 273, 293, 342, 429, 1017 og 207.2248. I uge 36 (2000) er der etableret 2 nye pejlemuligheder ved henholdsvis boring 207.912 og boring 207.2543 . På begge lokaliteter var der tale om lukkede boringer, så det var nødvendigt at få boret et pejlehul i flangen for nedsætning af transducere. Pejlehullerne bliver efter endt brug lukket med en skrueprop. Der er efterfølgende i uge 40, nedsat en transducer i boring 207.292.
Vandspejlet registreres 4 gange i døgnet i alle boringer.
Desuden er der i uge 4 (2001) placeret en transducer i undersøgelsesboring 207.3579, for registrering af vandspejlet under prøvepumpningen og dermed eventuelle ændringer i boringens ydeevne under pumpeperioden.
Perioden for pejling af vandspejl i de omkringliggende boringer er blevet betydeligt forlænget, på grund af ombygning og udsyring af den nye undersøgelsesboring DGU nr. 207.3579.

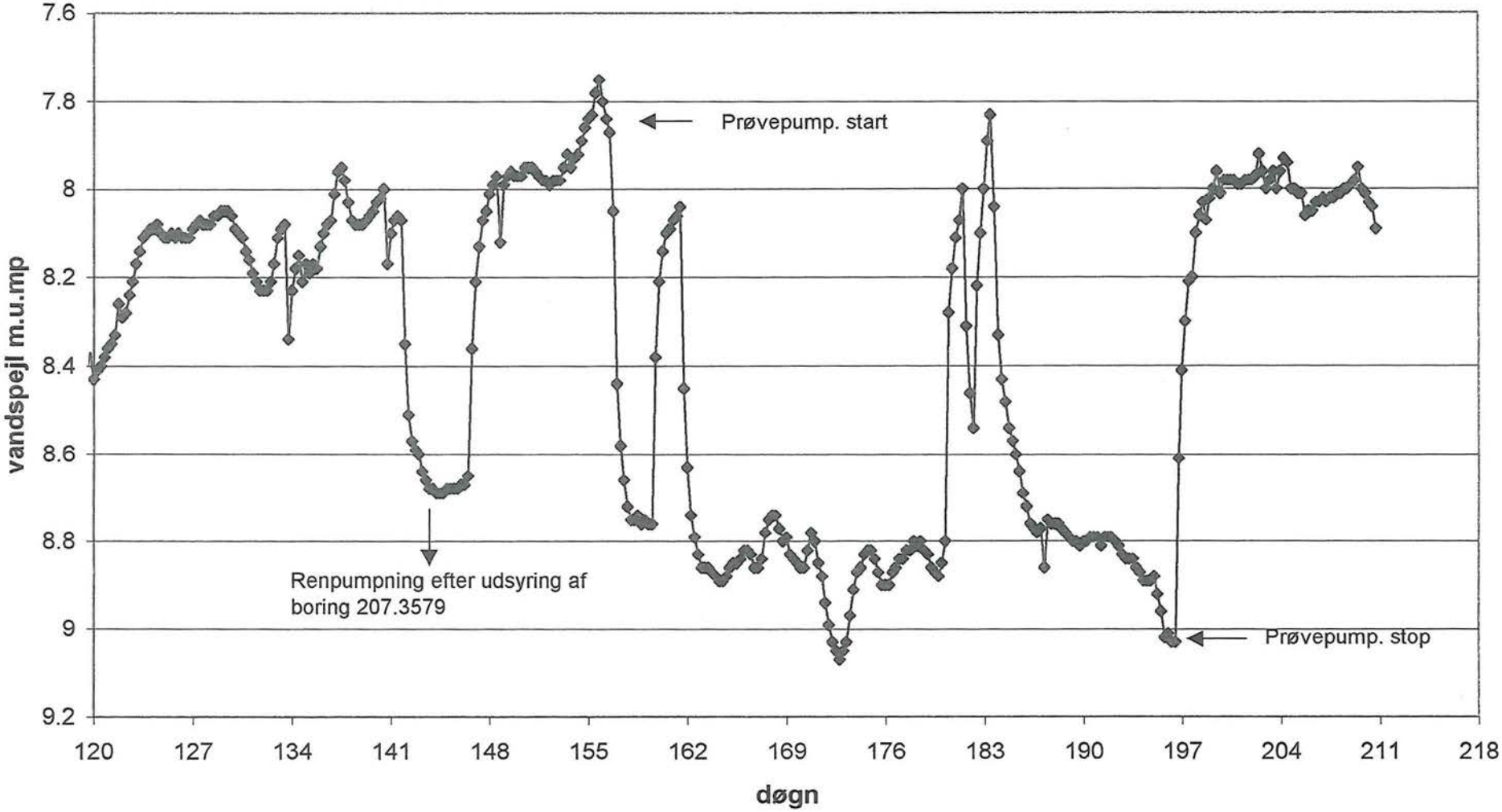
Effekten på grundvandsspejlet i omkringliggende boringer før, under og efter prøvepumpning:

Vandspejlsmålinger i omkringliggende boringer for perioden 21. august 00, til 20 marts 01, viser meget stabile grundvandsspejl (fig. 7). I de fleste boringer ses kun meget små variationer og disse skønnes overvejende at være forårsaget af nedbørshændelser og/eller barometereffekt, hvilket bekræftes af det forhold at der er god overensstemmelse mellem vandspejlsvariationerne i alle boringer. Som et eksempel er der udført en sammenligning af 8 boringer den 24. december kl. 1800 (fig. 7). For nogle boringer ses et generelt stigende grundvandspejl med rovandsspejlet beliggende i et lidt højere niveau end for efteråret 2000.
Ved opstart på prøvepumpningen i boring 207.3579 med en pumpekapacitet på ca. 36m3/time sker der dog straks en afsænkning af vandspejlet i den nærliggende husholdningsboring 1017 (fig.7 og 8) hvor vandspejlet afsænkes ca. 1 meter. En lige så tydelig stigning i grundvandsspejlet ses da pumpen igen stoppes. Også de 2 (3) ufrivillige stop af prøvepumpningen, første gang fra den 28 – 29/1 og igen 2 stop mellem den 18/2 og 21/2 er tydeligt markeret, og det samme er den forudgående renpumpning, der blev udført i tidsrummet fra den 10 – 16 januar efter udsyring af boring 207.3579.
For boringerne 912 (fig. 7) og boring 2248 (fig.9) der begge er husholdningsboringer, er det tydeligt, at der regelmæssigt indvindes fra boringerne, hvilket giver sig udslag i hurtig afsænkning og retablering af grundvandsspejlet i disse boringer. I forbindelse med boring 2248 er det fra Roskilde Amt oplyst at ejeren indvinder ca. 2000 m^3/år, hvilket er grunden til de store variationer der er registreret i vandspejlet. Boringen er beliggende ca. 800 m vest for og opstrøms undersøgelsesboring DGU nr. 200.3579 (fig. 1).
Boring 207.2543 der er beliggende nær Karlslunde Strands vandværk er tydeligt påvirket af den nærliggende indvinding (fig.10), med svingninger af grundvandsspejlet af str. orden ca. 1 m. Der er et generelt stigende vandspejl i sidste halvdel af pejleperioden.
I boring 207.429 ved Karlslunde Vandværk ses også et stigende vandspejl (fig.11), hvilket her synes at hænge sammen med en faldende pumperate fra medio september til ultimo oktober, og et yderligere fald i pumperaten fra medio januar til primo februar for igen at komme op på fuld ydelse i slutningen af februar måned.

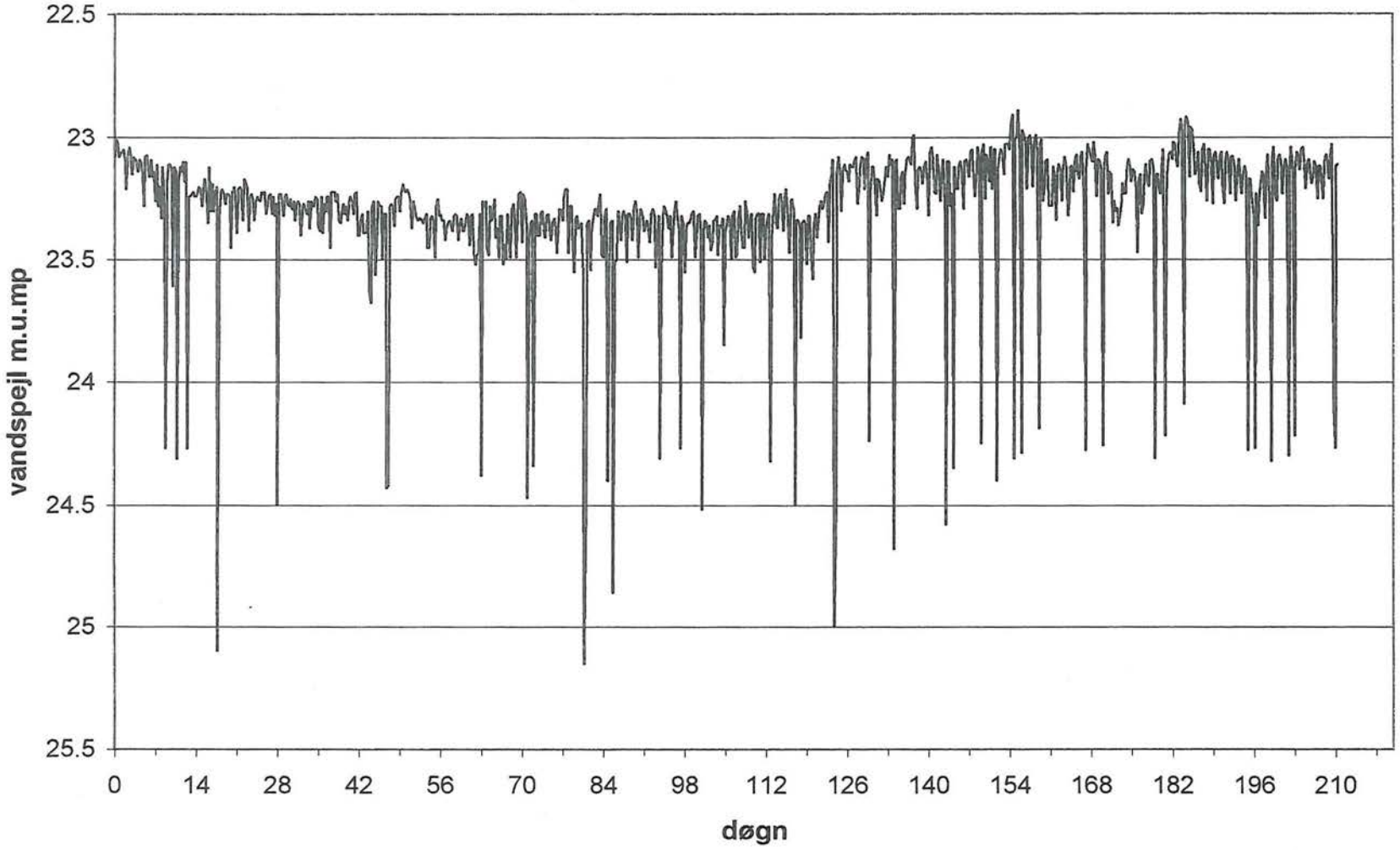
Figur 7: Pejledata for 8 boringer i tidsrummet 21/8 00 til 20/3 01 i forbindelse med prøvepumpning på undersøgelsesboring 207.3579 fra 25/1 til 6/3 01



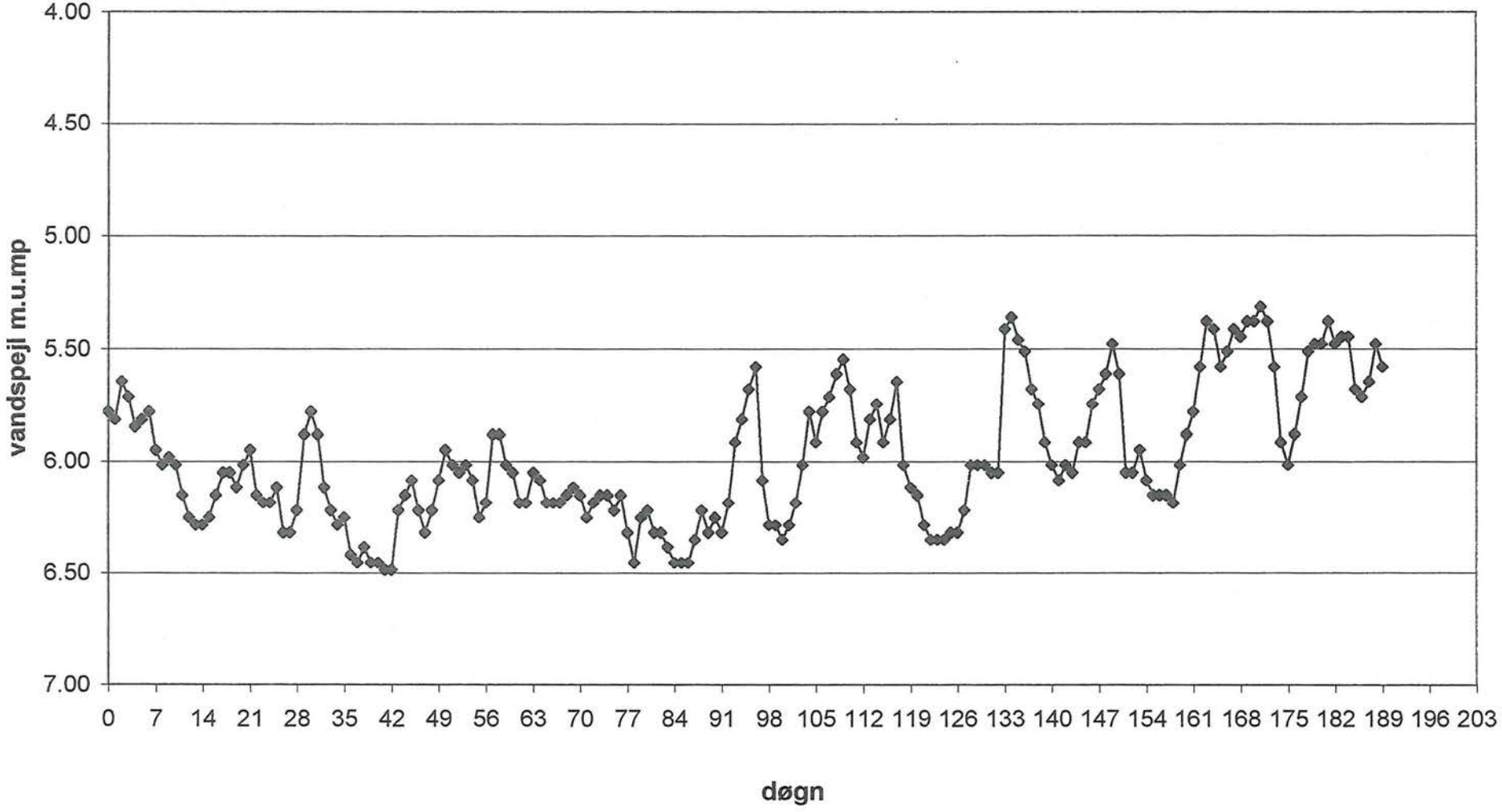
Figur 8: Pejling af vandspejl i boring DGU nr. 207.1017 fra 15/12 00 til 20/3 01.



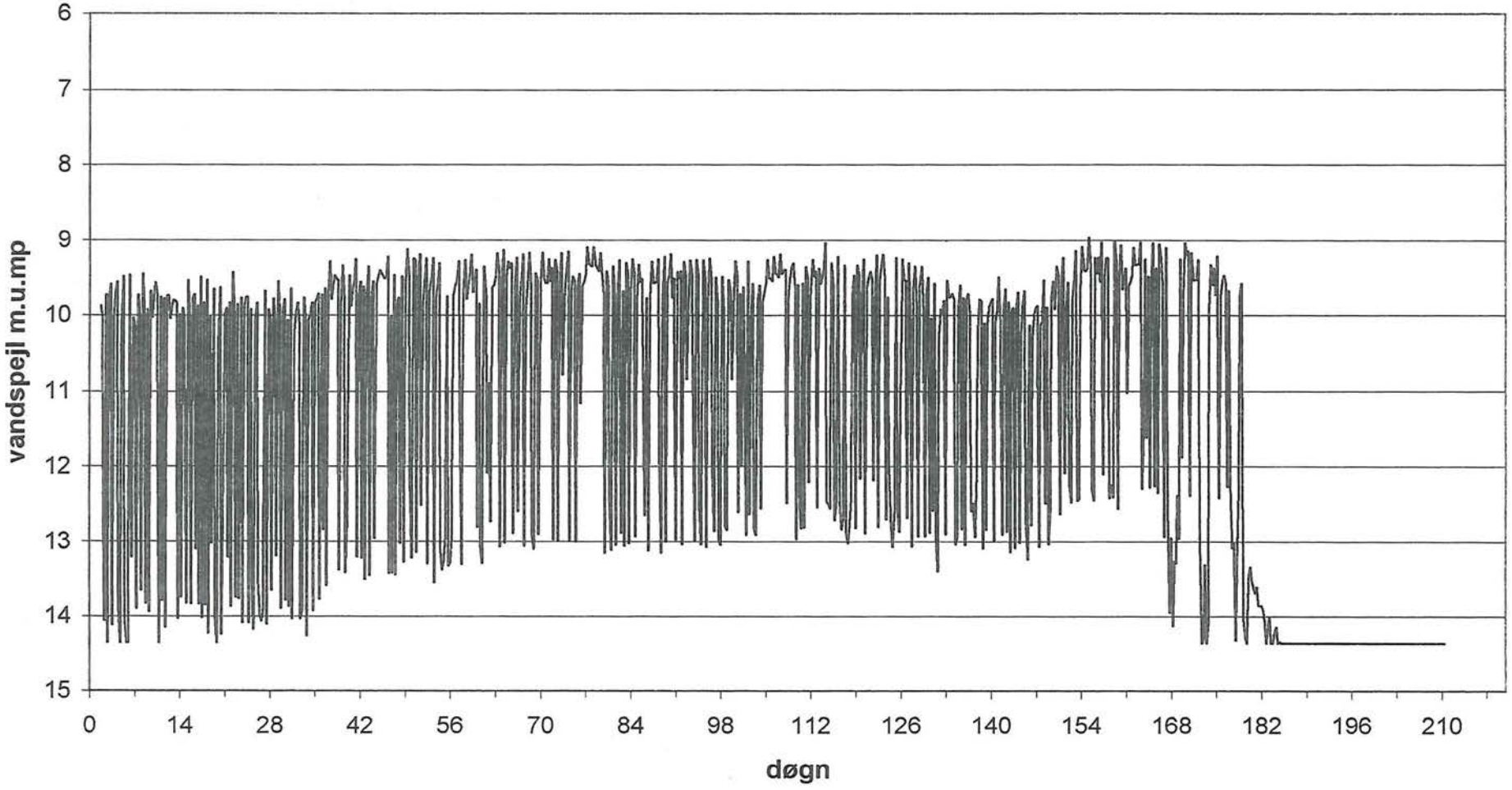
Figur 9: Pejledata for indvindingsboring 207.2248
i tidsrummet 21/8 00 til 20/3 01



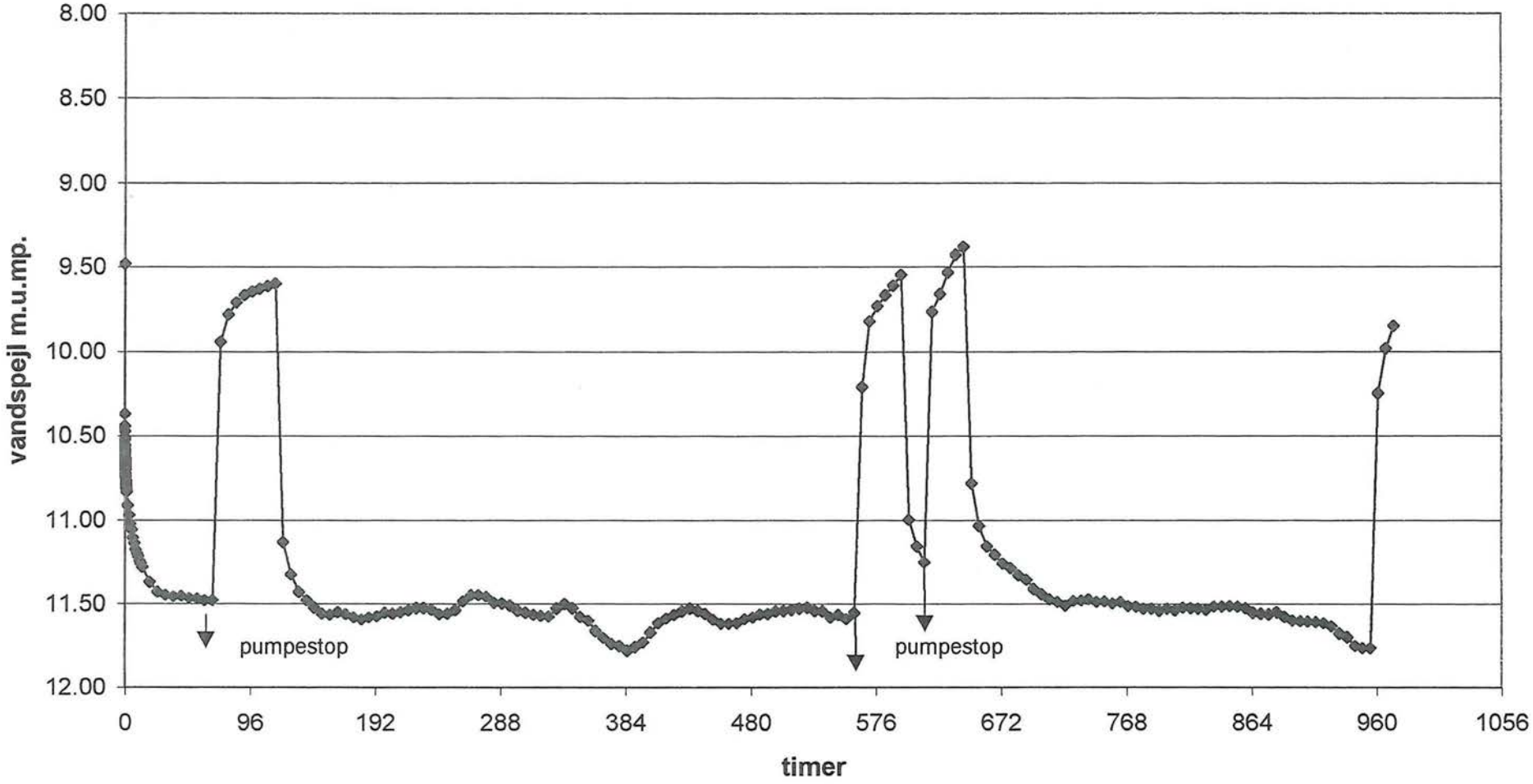
Figur 10: Pejledata for boring 207.2543 fra 10/9 00, til 18/3 01



Figur 11: Pejledata for indvindingsboring 207.429 ved Karlslunde vandværk i tidsrummet 23/8 00 til 20/3 01.



Figur 12: Pejledata for undersøgelsesboring DGU nr. 207.3579 under prøvepumpning med 36m3/time, 25/1 til 6/3 2001.



Boring 207.342 er beliggende i umiddelbar nærhed af Karlslunde kildeplads (KV) og viser meget uregelmæssige vandspejlsvariationer, der kun kan relateres til kildepladsen (fig. 7).

Konklusion

Boring DGU nr. 207.3579 har efter ombygning og udsyring en meget høj specifik ydelse på ca. 18 m3/time/m afsænkning (fig. 12), hvoraf ca. 70% indvindes i intervallet ca. 21 – 23 m.u.t. eller umiddelbart under forerøret. Reservoiret er "beskyttet" af ca. 14 m moræneler og ca. 1 m sand lige over kalken (se borerapporten bilag 4). Ved en indvinding fra boringen på ca. 36 m3/time bliver vandspejlet ikke afsænket under top kalk, da rovandspejlet målt til ca. 9,5 m.u.mp., ved en sådan ydelse, kun afsænkes til ca. 11,75 m.u.mp..

Det omfattende pejleprogram, der er udført kontinuert før – under og efter prøvepumpning, viser at der, ved den anvendte pumpekapacitet på ca. 36 m^3/time, kan registreres en afsænkning af grundvandsspejlet i boring 207.1017 på ca. 1 meter (fig. 8) . Boringen er beliggende ca. 100 m opstrøms den nye undersøgelsesboring.
For de øvrige boringer, hvor pejling er udført, kan der ikke registreres nogen påvirkning af grundvandsspejlet, der kan henføres til prøvepumpningen på undersøgelsesboring DGU nr. 207.3579. En udbygning af en ny kildeplads ved Lyksager, bedømmes derfor som værende uden betydning for indvindingen ved de nærliggende kildepladser, Karlslunde, Greve, Greve Strand og Mosede.

Referencer til afsnittet: Sedimentologisk og stratigrafisk beskrivelse af kerneboring.

Berggren, W.A. & Norris, R.D. 1997: Biostratigraphy, phylogeny and systematics of Paleocene trochospiral planktic foraminifera. Micropaleontology **43** (supplement 1), 1-116.

Hansen, H.J., Rasmussen, K.L., Gwozdz, R. & Kunzendorf, H. 1987: Iridium-bearing Carbon Black at the Cretaceous-Tertiary Boundary. Bulletin of the Geological Society of Denmark **36**, 305–313.

Håkansson, E., Bromley, R. & Perch-Nielsen, K. 1974: Maastrichtian chalk of north-west Europe - a pelagic shelf sediment. Special Publications of the International Assocoation of Sedimentologists **1**, 211–233.

Jenkins, D.G. & Murray, J.W. 1989 (eds): Stratigraphical atlas of fossil foraminifera, second edition. 593 pp. Ellis Horwood Limited, Chichester.

Larsen, O. 1998: Mapping of the Maastrichtian-Danian boundary in the coastal area of Køge Bugt by gamma- and resistivity logging. Bulletin of the Geological Society of Denmark **44**, 101–113.

Surlyk, F. 1997: A cool-water carbonate ramp with bryozoan mounds: Late Cretaceous-Danian of the Danish Basin. In: James, N.P. & Clarke, J.A.D. (eds): Cool-water carbonates. SEPM Special Publication **56**, 293-307.

Surlyk, F. & Håkansson, E. 1999: Maastrichtian and Danian strata in the southeastern part of the Danish Basin. In: Pedersen, G.K. & Clemmensen, L.B. (eds): Field Trip Guidebook, IAS Copenhagen 1999, 29–58.

Thomsen, E. 1976: Depositional environment and development of Danian bryozoan biomicrite mounds (Karlby Klint, Denmark). Sedimentology **23**, 485–509.

Thomsen, E. 1995: Kalk og Kridt. I: Nielsen, O. B. (ed.): Danmarks geologi fra Kridt til i dag. Aarhus Geokompendier **1**, 30-67. Geologisk Institut, Aarhus Universitet.

Troelsen, J.C. 1955: *Globotruncana contusa* in the White Chalk of Denmark. Micropaleontology **1**, 76–82.

Bilag 1: Foraminifer indhold i 14 udvalgte prøver fra kerneboringen

Bilag 1:

Foraminiferindholdet i 14 udvalgte prøver

17.00 m - 17,50 m (Paleocæn, Nedre Danien, Zone P1c)
Cibicidoides succeedens
Osangularia spp.

21,20 m - 21,23 m (Paleocæn, Nedre Danien, Zone P1c)
Cibicidoides spp.
Cibicides succeedens
Gavelinella danica
Gavelinella lellingensis
Osangularia spp.
Pullenia quinqeloba
Spirillina spp.
Pyramidina crassa
Globoconusa daubjergensis (rare)
Parasubbotina pseudobulloides
Parasubbotina varianta

Bryozoer

30,29 m - 30,32 m (Paleocæn, Nedre Danien, Zone P1c)
Cibicidoides spp.
Cibicides succeedens
Gavelinella danica
Gavelinella lellingensis
Osangularia spp.
Globoconusa daubjergensis (rare)

Bryozoer

35,20 m - 35,23 m (Paleocæn, Nedre Danien, Zone P1c)
Bulimina spp. (no spines)
Ceratobulimina spp.
Cibicidoides spp.
Cibicides succeedens
Osangularia spp.
Spirillina spp.
Tappanina selmensis
Chiloguembelina spp. (rare)
Eoglobigerina eobulloides
Globoconusa daubjergensis
Guembelitria cretacea (rare)
Parasubbotina pseudobulloides
Parasubbotina varianta

Bryozoer

35,42 m - 35,45 m (Paleocæn, Nedre Danien, Zone P1c)
Cibicidoides spp.
Parasubbotina varianta

36,35 m - 36,40 m (Paleocæn, Nedre Danien, Zone P1b(?))
Cibicides succeedens
Cibicidoides spp.
Gavelinella danica
Quinqeloculina spp.
Siphonodosaria ex gr. *gracillima*
Globoconusa daubjergensis (rare)
Parasubbotina pseudobulloides (rare)

Bryozoer

36,52 m - 36,56 m (Paleocæn, Nedre Danien, Zone P1b(?))
Angulogavelinella avnimelechi
Cibicides succeedens
Gyroidina spp.
Osangularia spp
Globoconusa daubjergensis
Parasubbotina pseudobulloides

Bryozoer

36,85 m – 36,88 m (Paleocæn, Nedre Danien, Zone P1b(?))
Angulogavelinella avnimelechi
Cibicides succeedens
Cibicidoides spp.
Osangularia spp.
Siphonodosaria ex gr. *gracillima*
Globoconusa daubjergensis (dom.)
Parasubbotina pseudobulloides
Eoglobigerina? spp. (4 kamre i sidste omdrejning)

37,05 m – 37,08 m (Paleocæn, Nedre Danien, Zone P1b(?))
Cibicides succeedens
Cibicidoides spp.
Osangularia spp.
Siphonodosaria ex gr. *gracillima*
Eoglobogerina eobulloides
Globoconusa daubjergensis (dom.)
Parasubbotina pseudobulloides

37,98 m – 38,08 m (Paleocæn, Nedre Danien, Zone P1a eller P1b)
Alabamina spp.
Angulogavelinella avnimelechi
Cibicides succeedens
Cibicidoides spp.
Osangularia spp.
Siphonodosaria ex gr. *gracillima*
Eoglobigerina? spp.
Globoconusa daubjergensis

38,53 m - 38,56 m (Kridt, Øvre Maastrichtien)
Brizalina incrassata
Cibicides succeedens
Cibicidoides spp.
Dorothia oxycona
Praebulimina laevis
Spirillina spp.
Stensioeina pommerana
Heterohelix globulosa
Rugoglobigerina rugosa

Bryozoer
Calcispherer
Ostracoder (glatskallede)
Svampespikler

41,02 m - 41,05 m (Øvre Maastrichtien)
Cibicides succeedens

Cibicidoides spp.
Osangularia navarroana
Praebulimina laevis
Stensioeina pommerana
Globigerinelloides multispina
Guembelitria cretacea
Heterohelix globulosa
Rugoglobigerina rugosa

Bryozoer
Calcispherer
Svampespikler

49,58 m - 49,63 m (Øvre Maastrichtien)
Ataxophragmium puschi (large agglut., common)
Bolivinoides decoratus giganteus
Brizalina incrassata
Cibicides succeedens
Cibicidoides spp.
Gavelinella danica
Osangularia navarroana
Praebulimina laevis
Stensioeina pommerana
Tappanina selmensis
Globigerinelloides multispina
Heterohelix globulosa
Rugoglobigerina rugosa

Chorate dinoflagellatcyster
Fisketænder

57,80 m - 57,85 m (Øvre Maastrichtien)
Bolivinoides draco draco
Brizalina incrassata
Cibicides succeedens
Cibicidoides spp.
Osangularia navarroana
Praebulimina laevis
Stensioeina pommerana
Tappanina selmensis
Globigerinelloides multispina
Heterohelix globulosa
Rugoglobigerina rugosa

Bryozoer
Svampespikler

Bilag 2: Sedimentologisk log over kerneboringen

CORE DESCRIPTION
SEDIMENTOLOGICAL DATA SHEET

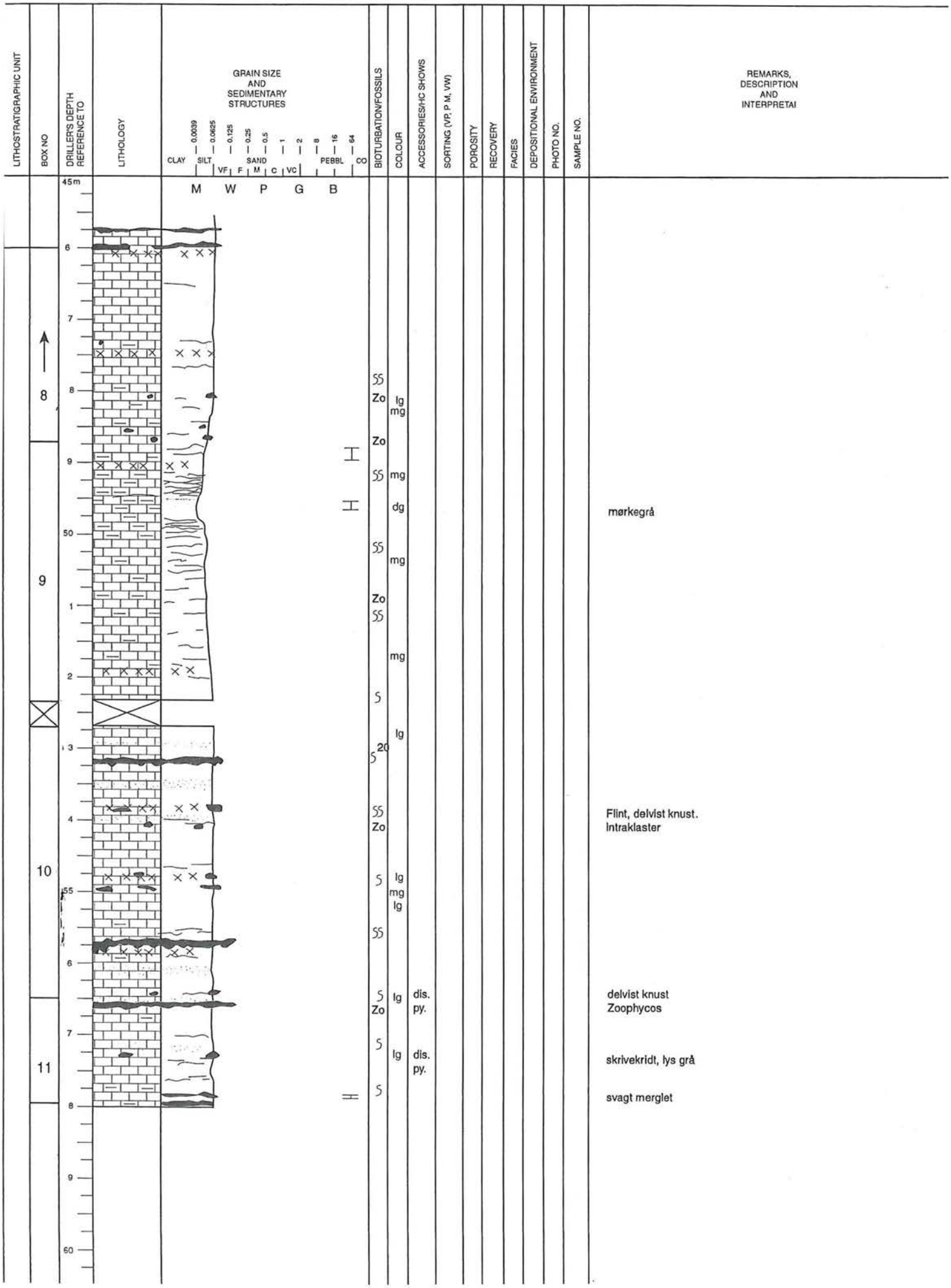
THE GEOLOGICAL SURVEY OF DENMARK AND GREENLAND

ALITY:
COORDINATES:
/ATION:

ELEVATION OF DRILL FLOOR
ABOVE GROUND-LEVEL:
UNIT:
AGE:

WELL NO: LYKSAGER (207.3579)
BOX NO:
CORE DIAMETER: (CM/MM)
INTERVAL:

SCALE:
DATE: 4/10-00
GEOLOGIST: JAR



CORE DESCRIPTION
SEDIMENTOLOGICAL DATA SHEET

THE GEOLOGICAL SURVEY OF DENMARK AND GREENLAND

ALITY:
COORDINATES:
VATION:

ELEVATION OF DRILL FLOOR
ABOVE GROUND-LEVEL:
UNIT:
AGE:

WELL NO: LYKSAGER (207.3579)
BOX NO:
CORE DIAMETER: (CM/MM)
INTERVAL:

SCALE:
DATE: 4/10-00
GEOLOGIST: JAR

LITHOSTRATIGRAPHIC UNIT	BOX NO	DRILLER'S DEPTH REFERENCE TO	LITHOLOGY	GRAIN SIZE AND SEDIMENTARY STRUCTURES	BIOTURBATION/FOSSILS	COLOUR	ACCESSORIES/HC SHOWS	SORTING (VP, P M, VW)	POROSITY	RECOVERY	FACIES	DEPOSITIONAL ENVIRONMENT	PHOTO NO.	SAMPLE NO.	REMARKS, DESCRIPTION AND INTERPRETAI
		m		CLAY, SILT (0.0039, 0.0625), VF F M C VC SAND (0.125, 0.25, 0.5, 1, 2), PEBBL (8, 16, 64), CO; M W P G B											
		32													
	5	3													Lerslirer
		4				lg									
					>> Bry	mg dg			>>p						merglet packstone
		35													stærkt merglet lag, der danner en vinkel på ca. 45° med kernen (sample 35,35 m)
		6			> Bry	rust-stained									
	6	7			< Bry S										
		8				lg			>p						svagt rust-stained med spedte mellemrum (box 6)
		9			S										
		40													sprækker (mørke)
					S										
	7	1			SS	rust-stained									rust-stained 41,2 - 41,5 m
		2				sort- stained			>p						41,8 m: sort - stained i brudfade (smitter af)
					SS	lg									
		3			lg	rust-stained									rust - stained, især 43 - 43,5m (sands, fra boret)
		4			SS zo.	lg			<p						
		45			S oh. zo.	lg									
	8	46			SS										

CORE DESCRIPTION
SEDIMENTOLOGICAL DATA SHEET

THE GEOLOGICAL SURVEY OF DENMARK AND GREENLAND

ITY:
OORDINATES:
TION:

ELEVATION OF DRILL FLOOR
ABOVE GROUND-LEVEL:
UNIT:
AGE:

WELL NO: LYKSAGER (207.3579)
BOX NO:
CORE DIAMETER: (CM/MM)
INTERVAL:

SCALE:
DATE: 4/10-00
GEOLOGIST: JAR

LITHOSTRATIGRAPHIC UNIT	BOX NO	DRILLER'S DEPTH REFERENCE TO	LITHOLOGY	GRAIN SIZE AND SEDIMENTARY STRUCTURES	BIOTURBATION/FOSSILS	COLOUR	ACCESSORIES/HC SHOWS	SORTING (VP, P, M, VW)	POROSITY	RECOVERY	FACIES	DEPOSITIONAL ENVIRONMENT	PHOTO NO.	SAMPLE NO.	REMARKS, DESCRIPTION AND INTERPRETAI
	1	20 m													over 20,6 m findes løs flint og kalk til ca. 17 m
		1			bry										over 13,1 m findes mørkegrå siltet till (?) med kalkklaster til 11,6 m
		2													merglet interval
					bry bry										
	2	3													delvist silificeret interval domineret af lysegrå til mellemgrå begyndende flintdannelse
		4													merglet interval
		25													
		6			>> bry										
		7			>> bry										
	3														svagt knust
		8													
															søpindsvin
		9			>> bry										
		30													crinoidstilke
		1													
	4				> bry										
		2			>> bry										
	5	3													
		4													
		35													

GRAIN SIZE: CLAY, SILT (0.0039, 0.0625), SAND (VF, F, M, C, VC) (0.125, 0.25, 0.5, 1, 2), PEBBL (8, 16, 64), CO
M W P G B

CORE DESCRIPTION
SEDIMENTOLOGICAL DATA SHEET

THE GEOLOGICAL SURVEY OF DENMARK AND GREENLAND

LITY:
COORDINATES:
TION:

ELEVATION OF DRILL FLOOR
ABOVE GROUND-LEVEL:
UNIT:
AGE:

WELL NO: LYKSAGER (207.3579)
BOX NO:
CORE DIAMETER: (CM/MM)
INTERVAL:

SCALE:
DATE: 4/10-00
GEOLOGIST: JAR

LITHOSTRATIGRAPHIC UNIT	BOX NO	DRILLER'S DEPTH REFERENCE TO	LITHOLOGY	GRAIN SIZE AND SEDIMENTARY STRUCTURES	BIOTURBATION/FOSSILS	COLOUR	ACCESSORIES/HC SHOWS	SORTING (VP, P M, VW)	POROSITY	RECOVERY	FACIES	DEPOSITIONAL ENVIRONMENT	PHOTO NO.	SAMPLE NO.	REMARKS, DESCRIPTION AND INTERPRETAI
		m		M W P G B											
		?	8 cm	Mellem grøn-brun, leret sediment med klaster											
		2,3	20 cm												
		3,00	6 cm	Olivengrønt, leret sediment med klaster, svagt hærdet											
		4,3	16 cm	Grønbrunt, leret sediment med klaster op til 2-3 cm svagt hærdet											
		5,6	13 cm	Svagt hærdnet, mørke-grønbrunt leret sediment med enkelte klaster											
		7,0	16 cm	Gråt, leret sediment med sekundære hvide belægninger indeholder forskelige klasttype i Kridt, granit m.m.) medium hærdet											
		8,6	11 cm												
		10,1	7,5 cm												
		11,6	8 cm	Ler (gråsort) med små kalkklaster svagt grønlig. Medium hærdet											sample 11,6 - 13,1 m (1,5 cm)
		13,1		Intet materiale											
		17,0	25 cm	Kalk og flint (sort-grå) knust											sample 17,0 - 17,5 m (lille stykke kalk)
		17,5	36 cm	Overvejende flint med mudder knust											
		1,19	48 cm	Sort og grå flint blandet med kalk knust											
		20,6													
	fortsættes til 21,5														

Bilag 3: Udtagning af kerneprøver til kemisk analyse

Lyksager

Der er udtaget kerneprøver til kemisk screening i følgende 20 intervaller:

1: 19.0 - 22.0 mut
2: 22.0 - 22.4 mut (merglet lag
3: 22.4 - 25.3 mut
4: 25.3 - 25.5 mut (merglet lag)
5: 25.5 - 29.3 mut
6: 29.3 - 31.2 mut (merglet lag)
7: 31.2 - 32.2 mut
8: 32.2 - 32.3 mut (merglet lag)
9: 32.3 - 33.1 mut
10: 33.1 - 33.4 mut (merglet lag)
11: 33.4 - 33.7 mut
12: 33.7 - 33.8 mut (merglet lag)
13: 33.8 - 34.5 mut
14: 34.5 - 34.6 mut (merglet lag)
15: 34.6 - 35.2 mut
16: 35.2 - 35.5 mut (merglet lag)
17: 35.5 - 36.7 mut
18: 36.7 - 37.0 mut (merglet lag)
19: 37.0 - 37.5 mut (skrivekridt ?)
20: 37.5 - 40.0 mut (skrivekridt)

Flint er så vidt muligt undgået. Ved hjælp af mikrofossiler er intervallet ned til 36.5 mut positivt bestemt til at være aflejret i Danien, mens niveauet under 38.5 mut ligeledes er positivt bestemt til Maastrichtien. Nærmere undersøgelse af intervallet fra 36.5 til 38.5 mut pågår pt.

Lyksager

Kerne og sedimentmateriale

Faxe Kalk A/S har for Københavns Vand udført en 60 m dyb kerneboring. Hele kernen er indleveret til GEUS. Københavns Vand har efterfølgende udført en kombineret slagboring (gennem de kvartære dæklag) og skylleboring til 100 m.u.t.. Sedimentprøver for ca. hver 5 m er indleveret til sædvanlig beskrivelse i GEUS´ boreprøvelaboratorium.

Lithologisk beskrivelse

Den følgende beskrivelse er opstillet som en sammenkobling af resultaterne fra beskrivelserne af henholdsvis kernen og sedimentprøver.

De øverste ca. 15 m består af kvartære aflejringer, primært en kalkholdig, olivengrå, siltet, sandet og svagt gruset moræneler Denne moræneler optræder fra terræn ned til 14.2 m.u.t., dog er kalken udvasket ned til ca. 4.5 m.u.t.. Derunder følger et knapt 1 m mægtigt lag af sand og grus, stærkt præget af kalk og flint. Derefter følger 5 m kalk blandet med kvartær materiale, hvilket antyder, at der her er tale om den øverste opsprækkede del af kalken. Fra 20,6 m.u.t. optræder bryozokalk med flint og slamkalk fra Danien, og denne fortsætter ned til 37 m.u.t., hvor grænsen mellem Danien og Maastrichtien er fastsat ved hjælp af foraminiferanalyser. Aflejringerne fra Maastrichtien består af skrivekridt med sort flint. Kjølbygård Mergelen optræder antageligvis fra 49-50 m.u.t..

Kalkkernen

Kalkkernen er med sav delt på langs fra 19- 45 m.u.t. Fra 19 til 40 m.u.t. er kernen inddelt i 20 lithologiske intervaller, primært i merglede – og ikke-merglede intervaller (se bilag 1). Fra disse intervaller er den ene halvdel af kernen indsendt til Activation Laboratories i Canada til kemisk analyse. Der er således næsten udelukkende udtaget prøver fra bryozokalken fra Danien, da tidligere undersøgelser (Knudsen 1995) har vist, at forekomst af nikkel primært er knyttet hertil – undtaget dog Kjølbygård Mergelen, der også har forhøjet nikkelindhold.

På baggrund af resultaterne fra de kemiske analyser er der udtaget 5 prøver til SEM studier i niveauer med forhøjet nikkelindhold. Prøverne er indstøbt i epoxy, hvorefter der er fremstillet polerede tyndslib.

Bilag 4: Borerapport for boring DGU nr. 207.3579

BORERAPPORT

DGU arkivnr : 207. 3579

Borested : Greve Landevej 150
2670 Greve

Kommune : Greve
Amt : Roskilde

Boringsdato : 22/8 2000
Boringsdybde : 100 meter
Terrænkote :

Brøndborer : Københavns Vandforsyning
MOB-nr :
BB-journr :
BB-bornr : lyksager1a

Prøver
- modtaget : 22/8 2000 **antal** : 22
- beskrevet : 2/10 2000 **af** : AGR
- antal gemt : 18

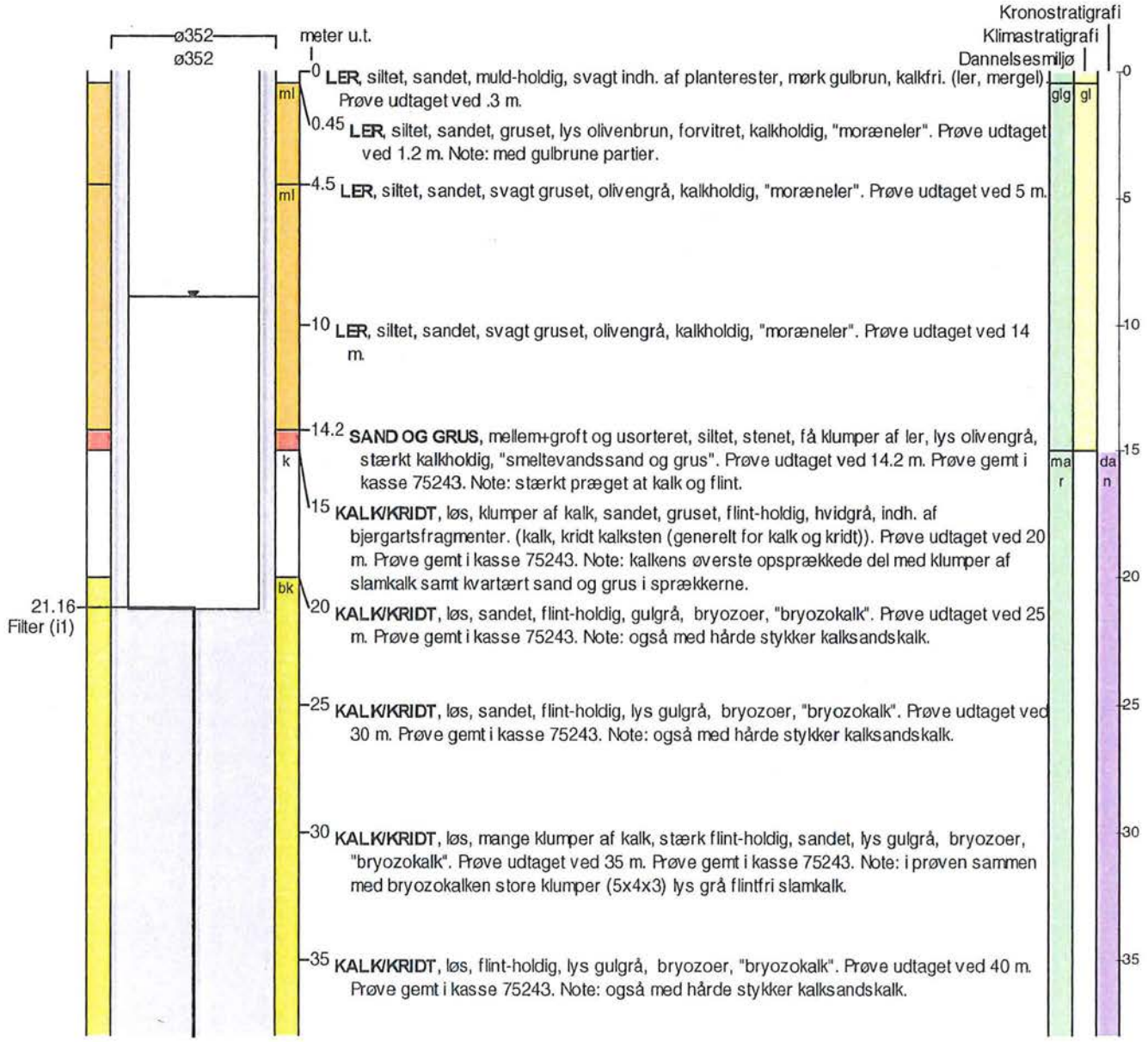
Formål : Undersøg./videnskab
Anvendelse :
Boremetode : Skylleboring

Kortblad : 1513 IINV
UTM-zone : 32
UTM-koord. : 703704, 6164259

Datum : ED50
Koordinatkilde : Brøndborer
Koordinatmetode : Afst. fra kortkanter

	Ro-vandstand	Pejledato	Ydelse	Sænkning	Pumpetid
Indtag 1 (seneste)	8.93 meter u.t.	22/8 2000	12 m³/t	15.75 meter u.t.	

Notater : Gemte prøver bortkastes senest 1.7.2001



0 **LER**, siltet, sandet, muld-holdig, svagt indh. af planterester, mørk gulbrun, kalkfri. (ler, mergel). Prøve udtaget ved .3 m.

0.45 **LER**, siltet, sandet, gruset, lys olivenbrun, forvitret, kalkholdig, "moræneler". Prøve udtaget ved 1.2 m. Note: med gulbrune partier.

4.5 **LER**, siltet, sandet, svagt gruset, olivengrå, kalkholdig, "moræneler". Prøve udtaget ved 5 m.

10 **LER**, siltet, sandet, svagt gruset, olivengrå, kalkholdig, "moræneler". Prøve udtaget ved 14 m.

14.2 **SAND OG GRUS**, mellem+groft og usorteret, siltet, stenet, få klumper af ler, lys olivengrå, stærkt kalkholdig, "smeltevandssand og grus". Prøve udtaget ved 14.2 m. Prøve gemt i kasse 75243. Note: stærkt præget at kalk og flint.

15 **KALK/KRIDT**, løs, klumper af kalk, sandet, gruset, flint-holdig, hvidgrå, indh. af bjergartsfragmenter. (kalk, kridt kalksten (generelt for kalk og kridt)). Prøve udtaget ved 20 m. Prøve gemt i kasse 75243. Note: kalkens øverste opsprækkede del med klumper af slamkalk samt kvartært sand og grus i sprækkerne.

20 **KALK/KRIDT**, løs, sandet, flint-holdig, gulgrå, bryozoer, "bryozokalk". Prøve udtaget ved 25 m. Prøve gemt i kasse 75243. Note: også med hårde stykker kalksandskalk.

25 **KALK/KRIDT**, løs, sandet, flint-holdig, lys gulgrå, bryozoer, "bryozokalk". Prøve udtaget ved 30 m. Prøve gemt i kasse 75243. Note: også med hårde stykker kalksandskalk.

30 **KALK/KRIDT**, løs, mange klumper af kalk, stærk flint-holdig, sandet, lys gulgrå, bryozoer, "bryozokalk". Prøve udtaget ved 35 m. Prøve gemt i kasse 75243. Note: i prøven sammen med bryozokalken store klumper (5x4x3) lys grå flintfri slamkalk.

35 **KALK/KRIDT**, løs, flint-holdig, lys gulgrå, bryozoer, "bryozokalk". Prøve udtaget ved 40 m. Prøve gemt i kasse 75243. Note: også med hårde stykker kalksandskalk.

fortsættes..

BORERAPPORT DGU arkivnr : 207. 3579

meter u.t.

bk

sk

40 **KALK/KRIDT**, meget blød, stærkt slammet, flint-holdig, lys grå, få bryozoer, "skrivekridt", Udført: foraminifer analyse. Prøve udtaget ved 45 m. Prøve gemt i kasse 75243.

45 **KALK/KRIDT**, meget blød, stærkt slammet, flint-holdig, grå, "skrivekridt", Udført: foraminifer analyse. Prøve udtaget ved 50 m. Prøve gemt i kasse 75243. Note: kølbygård mergel ?.

50 **KALK/KRIDT**, meget blød, stærkt slammet, hvidgrå, "skrivekridt", Udført: foraminifer analyse. Prøve udtaget ved 55 m. Prøve gemt i kasse 75243.

55 **KALK/KRIDT**, meget blød, stærkt slammet, flint-holdig, hvidgrå, "skrivekridt". Prøve udtaget ved 60 m. Prøve gemt i kasse 75243. Note: flinten sort til sortgrå.

60 **KALK/KRIDT**, meget blød, stærkt slammet, stærk flint-holdig, hvidgrå, "skrivekridt". Prøve udtaget ved 65 m. Prøve gemt i kasse 75243. Note: flinten sort til sortgrå.

65 **KALK/KRIDT**, meget blød, stærkt slammet, flint-holdig, hvidgrå, "skrivekridt". Prøve udtaget ved 70 m. Prøve gemt i kasse 75243. Note: flinten sort.

70 **KALK/KRIDT**, meget blød, stærkt slammet, flint-holdig, hvidgrå, "skrivekridt". Prøve udtaget ved 75 m. Prøve gemt i kasse 75243. Note: flinten sort.

75 **KALK/KRIDT**, meget blød, stærkt slammet, flint-holdig, hvidgrå, "skrivekridt". Prøve udtaget ved 80 m. Prøve gemt i kasse 75243. Note: flinten sort.

80 **KALK/KRIDT**, meget blød, stærkt slammet, flint-holdig, hvidgrå, "skrivekridt". Prøve udtaget ved 85 m. Prøve gemt i kasse 75243. Note: flinten sort.

85 **KALK/KRIDT**, meget blød, stærkt slammet, flint-holdig, hvidgrå, "skrivekridt". Prøve udtaget ved 90 m. Prøve gemt i kasse 75243. Note: flinten sort.

90 **KALK/KRIDT**, meget blød, stærkt slammet, flint-holdig, hvidgrå, "skrivekridt". Prøve udtaget ved 95 m. Prøve gemt i kasse 75243. Note: flinten sort.

95 **KALK/KRIDT**, meget blød, stærkt slammet, flint-holdig, hvidgrå, "skrivekridt". Prøve udtaget ved 100 m. Prøve gemt i kasse 75243. Note: flinten sort.

ma r

da n

ma a

ma a

fortsættes..

BORERAPPORT

DGU arkivnr : 207. 3579

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

meter u.t.

0	- 0.45	terrigen - postglacial
0.45	- 15	glacigen - glacial
15	- 40	marin - danien
40	- 55	marin - maastrichtien
55	-100	marin - maastrichtien