

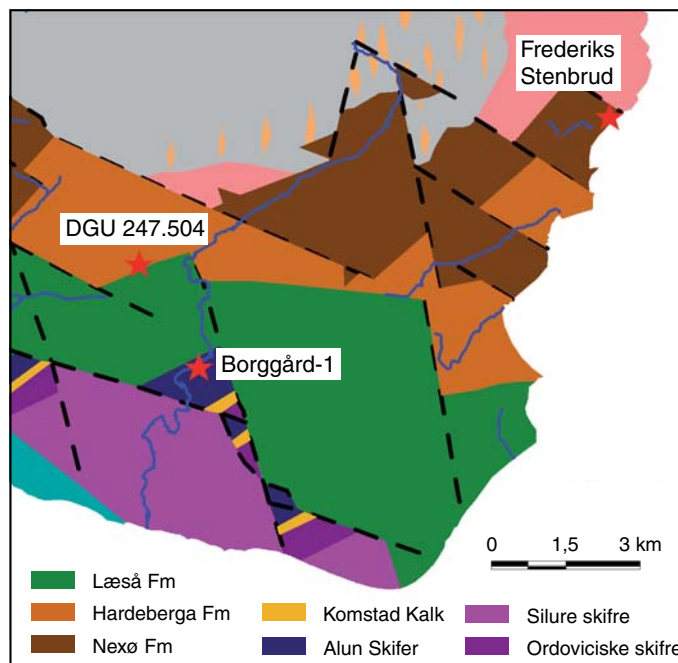
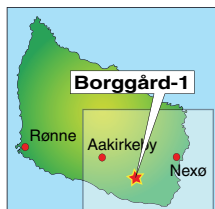
# Borggård-1

## - ny stratigrafisk kerneboring på Bornholm

Af Arne Thorshøj Nielsen, Geologisk Museum, Københavns Universitet, Geocenter København, Kurt Klitten, Danmarks og Grønlands geologiske Undersøgelse, Geocenter København og Hans Peter Birk Hansen, Bornholms Regionskommune

En 316 m dyb fuldt kernet boring på Sydbornholm udført maj-juli 2006 leverer for første gang præcise oplysninger om lithologien og tykkelsen af de nedre kambriske formationer i området. Boringen skulle desuden vise sig at rumme flere spændende overraskelser, bl.a. blev det konstateret, at de stærkt vandførende kvartsitter er næsten dobbelt så tykke som oprindeligt antaget.

Som omtalt i GeologiskNyt 4/06 blev der i maj-juli udført en kerneboring på Sydbornholm igennem Nedre Kambrium. Projektet er sponsoreret af Geocenter København, Bornholms Regionskommune, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse samt Sparekassen Bornholms Fond, Mærsk Oilie & Gas, Denerco, Tethys Oil og Wexco. En



Boringens placering ved Øleå nær Peder-skær. Placeringen af det omtalte Frederiks Stenbrud er også vist. (Grafik: H. P. B. Hansen og A. T. Nielsen)

forklaring på den lange liste af sponsorer følger!

Boringens formål var dels at fastslå lagtykkelser og den præcise opbygning af Nedre Kambrium, dels at belyse grundvandets cirkulation på Sydbornholm. Geologer, der kender den hårde, kvartsitiske "Balka sandsten" bliver normalt forbavsede over at høre, at denne enhed repræsenterer det næstvigtigste grundvandsreservoir på Bornholm. Men hvor kommer vandet fra, når der pumper?

### Boringen: Tykkelser versus kroner

Nedre Kambrium på Bornholm har været genstand for talrige undersøgelser gennem de sidste par hundrede år, og eftersom Bornholm er det eneste sted i Danmark, hvor så gamle lag går i dagen, er den bornholmske lagpakke fast inventar i geologistudiet. Så alle geologer kender den røde Nexø sandsten, den kvartsitiske "Balka sandsten" og de "Grønne skifre", som slet ikke er skifre, men mere eller mindre sandede siltsten.

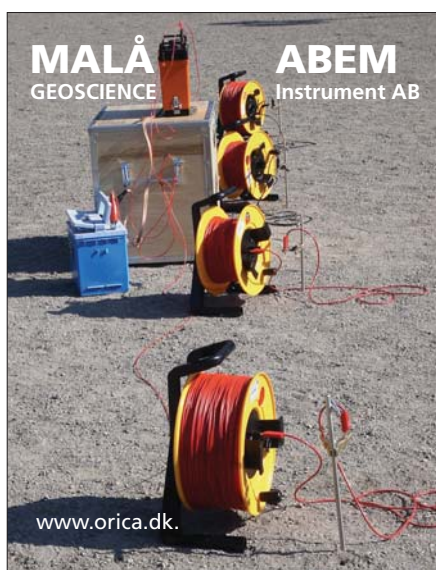
Men hvor tykke disse enheder er, og hvordan de varierer vertikalt og lateralt, har kun været kendt i grove træk, for blotningsgraden på Sydbornholm lader en del tilbage at ønske for en geolog. Tilmed er undergrunden opdelt i en mosaik af små forkastningsblokke, så selv langs årene kan

man ikke nødvendigvis være sikker på, at successionen er reel.

For at få et bedre indblik i de "Grønne skifre" og denne enheds betydning for vandforsyningen på Sydbornholm blev der etableret et Geocenterprojekt i samarbejde med Bornholms Regionskommune, i hvilken forbindelse der skulle udføres en fuldt kernet boring igennem de "Grønne skifre". Boringen blev placeret ved Borggård lidt øst for Peder-skær (figuren ovenfor), hvor Alunskifer fra Mellem Kambrium kan ses i Øleåens brinker, og lagene kun hælder få grader. Tilmed er der ikke kendt større forkastninger i den umiddelbare nærhed, så borestedet forekom ideelt med henblik på at træffe de "Grønne Skifre" helt fra toppen. Dette viste sig heldigvis også at være tilfældet.

I de første faser af boringen gik alt stort set som forudsagt. Under et tyndt jorddække og lidt Alunskifer blev Nedre Kambrium antruffet allerede i 2,6 meters dybde og derefter blev "Balka sandstenen" nået i 109 meters dybde. I første omgang overså vi faktisk denne lithologiske grænse, for den stærkt bioturberede og urene øvre del af "Balka sandstenen" minder overfladisk om de "Grønne skifre" (se foto side 6).

Det formelle navn for "Balka sandstenen" er Hardeberga Formationen (se



Dyno Nobel Danmark A/S  
Tel.: (+45) 43451538





Indslag af formodet glaukonit i Gadeby Led ("nedre Nexø sandsten") ca. 15 m over basis. Glaukonit dannes kun marint og det lyse lag afspejler med stor sandsynlighed en kortvarig stigning i havniveau, der førte til oversvømmelse af flodsletten. (Foto: A. T. Nielsen)

nedenfor), så boremester Peter Turner fra Faxø Kalk startede med spøgefuldheder om "Softeberga", som vi ellers havde advaret om var en hård sag at bore i. Men hermed begik han hybris, og det kostede efterfølgende adskillige udslidte borekroner at bore i den knaldhårde "Balka sandsten", men nedad kom vi.

Det oprindelige budget indeholdt midler til at nå 150 meters dybde, men efter planmæssigt at være nået denne dybde var det simpelt hen for fristende ikke at forsøge at nå igennem hele "Balka sandstenen", der ifølge tidligere undersøgelser i en vandbo-



I et par niveauer af Gadeby Led ("nedre Nexø sandsten") ses strukturer, der sandsynligvis er gravengange. Der kendes ikke gravengange fra terrestriske miljøer i Ældre Kambrium, og det lyse lag afspejler enten en kortvarig stigning i havniveau eller vindstuvning under en storm, der førte til oversvømmelse af flodsletten. (Foto: A. T. Nielsen)

ring (DGU 247.504, se kortet på forrige-side) kun 2,2 km væk fra borestedet burde være ca. 85 m tyk. Heldigvis var GEUS af samme opfattelse, så midler til at nå 50 m dybere blev bevilget.

Her begyndte den mangelfulde viden om Nedre Kambrium imidlertid at vise sig: Der var ingen Nexø sandsten i 200 meters dybde! Den nærliggende vandboring var fejltolket – cuttings ("stenmel" fra boringen) fra et tyndt rødt lag, tilmed midt i et tykt skiferindslag i "Balka sandstenen", var tolket til at repræsentere Nexø sandstenen (se foto på side 24).

En ekstra tillægsbevilling rakte til 50 m borekerne mere – men i 250 meters dybde stod borerøret i en mørkegrå, ren kvartsitisk sandsten. Vi var dog nået ned i den dårligt kendte, såkaldte "Gingham sandsten", der er delvist rødstrøbet (se foto på side 6), og som danner et overgangsled mellem Nexø og "Balka sandstenen". Så der burde ikke være langt til den rigtige Nexø sandsten.

Nu syntes GEUS imidlertid ikke, det var helt sjovt længere, og efter 2 fejlslagne boreprognoser kunne vi ikke fortænke GEUS i at stoppe for yderligere bevillinger. Samtidigt var der på ingen måde tale om et fejlslagent projekt: Vi havde nået alle oprindelige mål og mere til – men ikke desto mindre var det jo frygteligt ærgerligt at skulle give op, for vi måtte være tæt på den rigtige Nexø sandsten.

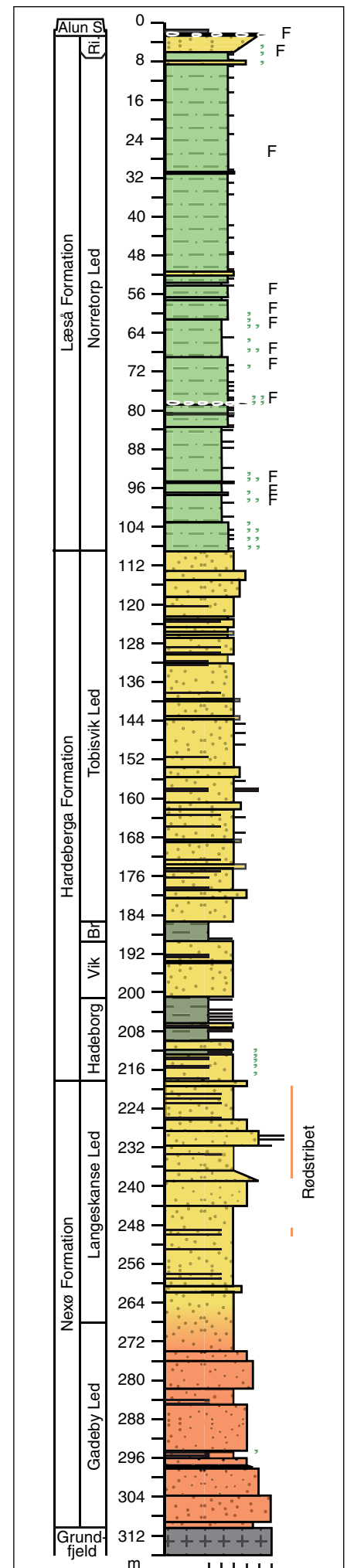
Heldigvis skulle borefolkene på sommerferie, så der var 14 dages pusterum til at forsøge at skaffe yderligere midler. Målet var toppen af Nexø sandstenen – at komme igennem denne enhed, der formodedes at være 100-110 m eller mere, var helt udelukket.

Til vores egen store, men meget positive overraskelse lykkedes det i løbet af kun 2 uger og utallige telefonsamtaler og e-mails at få en ekstra finansiering på plads via velvillige bidrag fra olieselskaber og Sparekassen Bornholms Fond. Faktisk havde vi midler til 62 m ekstra borekerne, da operationen blev genoptaget efter sommerferien – og kort efter nåede vi endelig ned i den røde Nexø sandsten. Igen blev vi mindet om

### BORGGÅRD-1, Øleå, Bornholm

	Alun Skifer		Grundfjeld
	Muddersten		Konglomerat
	Siltsten		Glaukonit
	Sandsten		Fosforit

Foreløbig lithologisk log af kernen fra Borggård. (Br = Brantevik Led, Ri = Rispebjerg Led). De nye lithostratigrafiske betegnelser er defineret af Nielsen & Schovsbo, 2006.





*Sporfossiliet *Diplocraterion* fra den øverste del af Tobisvik Leddet, lavet af et ormeligende dyr, som levede i et tidevandsmiljø. Den allerøverste del af Hardeberga Formationen er stærkt bioturberet, således som det også kan ses i kystklipperne ved Snøgebæk, og markerer et meget stort fald i havniveauet, der ser ud til at have medført en regression også på Bornholm. Denne "beskidte" del af formationen minder ved første øjekast om dele af den overlejrende stærkt bioturberede Læså Formation, og i første omgang blev formationsgrænsen faktisk overset. (Foto: A. T. Nielsen)*



*Dele af Langeskanse Led ("øvre Nexø sandsten") er rødstribede (se figuren på foregående side) og går i litteraturen under betegnelsen "Gingham sandsten". Navnet refererer til en stribet type indisk bomuldsklæde. Om stribningen er primær eller sekundær eller begge dele er uklart, men visse steder ses de udfældede jernforbindelser at skære laggrænserne og må derfor være sekundære. Langeskanse Led er gennemgående identificeret som Nexø sandsten i ikke-kernede brøndboringer. (Foto: A. T. Nielsen)*



*Andre dele af Langeskanse Led ("øvre Nexø sandsten") ligner overfladisk den overliggende Hardeberga Formation og er da også gennemgående fejltolket som "Balka sandsten" i mange ikke-kernede brøndboringer og små stenbrud. Langeskanse Led er dog karakteriseret af indslag af konglomeratisk sandsten, hvilket ikke ses i Hardeberga Formationen. Et meget kvartsiisk Langeskanse Led kan ses neden under Hadeborg Led i profilet ved Hadeborg (se *GeologiskNyt* 2000/5). (Foto: A. T. Nielsen)*

hvor lidt man reelt vidste om stratigrafien, idet overgangen fra kvartsitten til den røde Nexø sandsten viste sig at være fuldstændig graduel. Men målet var nået: I 274 m var vi stensikkert i Nexø sandstenen.

Der var imidlertid flere overraskelser i vente og denne gang heldigvis af positiv karakter: Efter at have boret 60 m – og kun 2 m før vi måtte stoppe fordi vi løb tør for penge – gik boringen i grundfjeld i 310 meters dybde. Cuttings fra de mange brøndboringer i området gennem den rødstribede "Gingham sandsten" var simpelt hen fejlagtigt, men meget forståeligt blevet identificeret som "rigtig" Nexø sandsten, så enhedens formodede tykkelse var stærkt overdrevet.

For at sikre et entydigt geofysisk log-signal af overgangen til grundfjeldet borede vi til slut 6 m dybere for endelig at stoppe i 316 meters dybde. Projektet lykkedes således til sidst over al forventning, og vi stod med en komplet kerne gennem hele Nedre Kambrium, der viste sig at være 307 m tyk. Dette er den næstdybste boring, der til dato er udført på Bornholm.

### Lithostratigrafi

En revision af lithostratigrafien i Kambrium i det sydlige Skandinavien er lige publiceret (Nielsen & Schovsbo 2006), og her indgår også data fra Borggård-boringen. Der er i revisionen lagt vægt på i videst muligt omfang at have samme nomenklatur for Bornholm og Skåne, så der er en række nye formelle navne, vi skal vænne os til i frem-

tiden (se figuren på foregående side). For eksempel udgår både "Balka sandstenen" og de "Grønne skifre" inklusiv det nyere navn Broens Odde led. Hertil kommer introduktionen af led i Hardeberga Formationen, med navne der overvejende er etableret i Skåne.

Det største lithostratigrafiske problem har været at drage en logisk grænse mellem Nexø og Hardeberga formationerne: Hvor skal den delvist rødstribede "Gingham sandsten" (med det nye navn Langeskanse Led) placeres? Enheden er overvejende marin og store dele udgøres af kvartsiit, selv om den traditionelt har været betragtet som en varietet af Nexø sandstenen. Det skyldes, at de mere kvartsiiske intervaller simpelthen er blevet forvekslet med "Balka sandstenen". Men grænsen imellem den "rigtige", røde Nexø sandsten (nu Gadeby Led) og Langeskanse Led er graduel over 12 m, så enhver formel grænse er mere eller mindre arbitrær.

Blandt flere onder blev det valgt at henregne Langeskanse Led til Nexø Formationen. Hermed følges den historiske opfattelse af "Gingham sandsten" som en varietet af Nexø sandstenen, men først og fremmest bliver undergrænsen af Hardeberga Formationen derved veldefineret, da den trækkes lige under det let genkendelige glaukonitiske og skifrede Hadeborg Led.

Som en yderligere komplikation ses der en meget distinkt grænse på de geofysiske

logs 6 m over den definerede overgrænse for Gadeby Led (262 m, figuren på næste side), og havde vi ikke haft en kerne at tage hensyn til, ville det have været mest logisk at anvende dette niveau som formel lithostratigrafisk grænse. Men forbavsende nok er denne geofysiske grænse ikke matchet af indlysende lithologiske ændringer i kernen, et problem der vil blive arbejdet videre med.

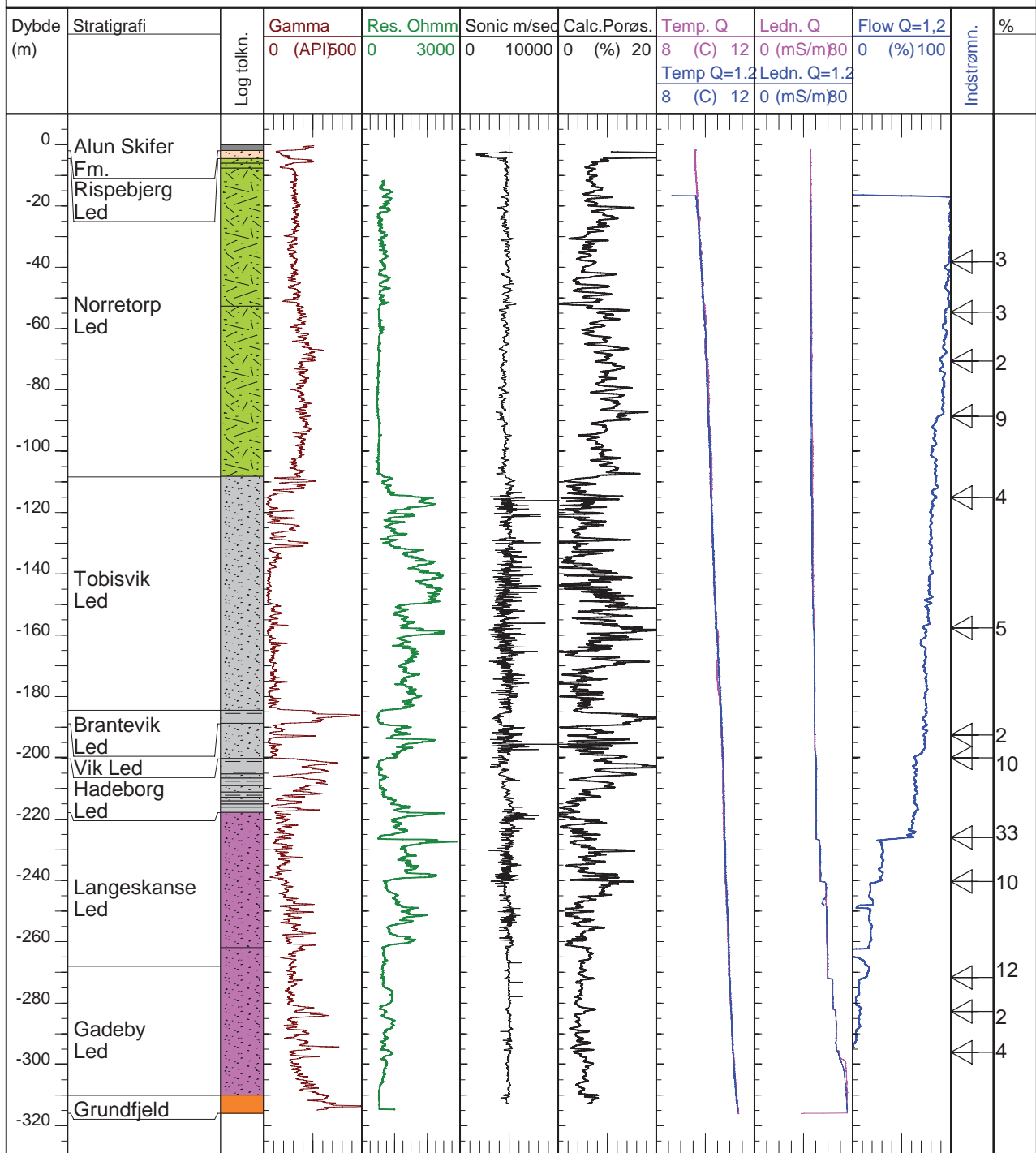
På trods af indførelsen af formelle lithostratigrafiske betegnelser vil trivialnavnene "Balka sandsten" og "Grønne skifre" dog nok overleve et stykke tid endnu, og vi har valgt i denne artikel at bruge den gammelkendte, men nu uformelle nomenklatur. I det følgende betegnes Gadeby og Langeskanse leddene henholdsvis "nedre" og "øvre" Nexø sandsten.

Det omfattende geofysiske logging-program, som er udført i Borggård-boringen (figuren på næste side), vil fremover få stor betydning med hensyn til at identificere lagfølgen både i gamle og nye vandboringer, og vil derfor sandsynligvis også give anledning til revisioner af det geologiske kort over Sydbornholm.

### Nexø sandsten som bygningssten

Nexø sandsten har været brugt flere steder på Sydbornholm, men den største leverandør af bygningssten har uden sammenligning været Frederiks Stenbrud lige nord for

# GEOCENTER forskningsboring Borggård (DGU nr. 247.627)



Geofysiske logs fra Borggård boringen, der vil udgøre et yderst værdifuldt værktøj til identifikation af lagfølgerne i ikke-kernede brøndboringer på Sydbornholm. Til højre er vist en flow-log, udregnet som % af den samlede indstrømning. Det ses, at den største indstrømning sker i Langeskanse Led ("øvre Nexø sandsten"). (Grafik: Kurt Klitten)

Nexø, der blev etableret 1754. Nexø sandsten er anvendt i mange ældre bygningsværker i København – og den tiltagende forurening samt almindelig slitage betyder, at mange af disse bygningsdele nu står foran en udskiftning. Men det er et problem, for den type Nexø sandsten, der brydes i øjeblikket og lejlighedsvis har været brudt i et stenbrud lige vest for Frederiks Stenbrud, repræsenterer ikke samme forholdsvis lyse

stentype som den, der tidligere blev brudt i selve Frederiks Stenbrud. De nye stratigrafiske data fra Borggård-boringen viser, at successionen i Frederiks Stenbrud repræsenterer den øverste del af Gadeby Leddet, sandsynligvis inklusiv de nedre dele af overgangsintervallet mod Langeskanse Leddet.

Måske vil det være muligt via en revideret kortlægning baseret på loggede brøndboringer og geoelektrisk profilering at anvis

et nyt sted til at åbne et stenbrud i den lyse type af Nexø sandsten, som der er behov for til renovering af bygninger i København. En sådan brydning kan formentlig ske lige vest eller sydvest for Nexø.

### Hydrogeologi

Den oprindelige hensigt med Borggård boringen var at belyse de stratigrafiske og hydrogeologiske forhold i de "Grønne Skifre".



*De nederste dele af Hardeberga Formationen indeholder en del glaukonit og er derover domineret af muddersten. Denne enhed, der betegnes Hadeborg Led, er gennemgående ikke blottet på Bornholm og skjules fx under den fine badestrand ved Balka. Som beskrevet i GeologiskNyt 2000/5 kan de øvre dele dog ses i det udgravede profil ved Strøby Sandstensbrud tæt ved Naturcenter Bornholm. Nederste højre hjørne er nedad, øverste venstre hjørne er opad; kernekasserne er 1 m lange. Grænsen mellem Nexø og Hardeberga formationerne er placeret nær toppen af 2. borekerne fra højre, under det nederste tynde skiferlag. Grænsen mellem Hadeborg og Vik leddene (Hardeberga Formation) ses i midten af borekernen yderst til venstre over det øverste skiferlag. (Foto: A. T. Nielsen)*

Denne enhed har på grund af sin forholdsvis lave horisontale hydrauliske ledningsevne ( $< 1 \times 10^{-5}$  m/sek) ganske vist ikke nogen særlig betydning som reservoirbjergart. Vandindvindingsboringer i de "Grønne skifre" har således typisk forholdsvis lav specifik kapacitet ( $< 0,5$  m<sup>3</sup>/t/m).

Baggrunden for alligevel at interessere sig for de "Grønne skifre" i hydrogeologisk sammenhæng er enhedens eventuelle betydning for beskyttelse mod forurening af den underliggende "Balka sandsten", som er

den næstvigtigste reservoirbjergart på Bornholm. Borggård-boringen skal derfor bl.a. belyse, om de "Grønne skifre" også har en lav vertikal hydraulisk ledningsevne ( $< 1 \times 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/sek), hvilket vil betyde god beskyttelse af, men ringe grundvandsdannelse til "Balka sandstenen" i områder, hvor denne er overlejret af "Grønne skifre".

De kommende undersøgelser af de "Grønne skifres" hydrauliske egenskaber vil hovedsageligt blive foretaget ved hjælp af pumping fra pakker-afspærrede delsektio-

ner af boringen med måling af den tidsmæssige udvikling i vandtrykket over og under afspærringen. Hertil kommer vandkemiske analyser af vand udtaget fra de forskellige vandførende horisonter i såvel de "Grønne skifre" som i den underliggende sandsten, idet hoved- og sporelementer kombineret med isotopforhold formodes at kunne belyse grundvandets oprindelse.

Den vigtigste nyhed, som boringen ind til nu har bidraget med vedrørende de "Grønne Skifre", er en log-stratigrafisk

*Det ser ikke ud af meget, det lille grå lag øverst i borekernen, men det kan sammen med et par andre lige så undseelige tynde lerlag i Læså Formationen gå hen og blive den opdagelse i Borggård-kernen, der vil vække størst opmærksomhed uden for landets grænser. Det er nemlig bentonit (omdannet vulkansk aske), der forhåbentligt vil vise sig at indeholde små zirkonkorn, som kan dateres. Ifølge de dateringer, som er publicerede for Ældre Kambrium på verdensplan, ligger undergrænsen i 542 mio. år, mens trilobitter angiveligt først dukkede op for omkring 525 mio. år. Læså Formationen indeholder trilobitter i Skåne, og hvis bentonitterne kan dateres, kan de blive et vigtigt kontrolpunkt for fremkomsten af trilobitter. Bornholm er indtil videre det eneste sted i Skandinavien, hvor der er fundet kambriske bentonitlag. (Foto: A. T. Nielsen)*



opdeling i en "øvre" og en "nedre" enhed på basis af såvel gamma-loggen som resistivitets-loggen. Den øvre enhed (6-51 m i boringen, se figuren på side 7) udviser således en generelt lavere gamma-stråling og samtidigt en højere og mere varierende resistivitet end den nedre enhed (51-109 m). Ved sammenligning med den lithologiske log vist på side 19 ses den nedre enhed i modsætning til den øvre at indeholde niveauer med fosforit og glaukonit, som begge medvirker til den forhøjede gamma-stråling. Men den ensformige og lave resistivitet i den nedre enhed indikerer også et højere indhold af lerminerale end i den øvre enhed, hvilket kan have betydning for denne enheds hydrauliske egenskaber.

Med hensyn til "Balka sandstenen" viser boringen, at enheden er ca. 25 m tykkere end hidtil erkendt. En efterfølgende gennemgang af tidligere borehulslogs udført af GEUS i vandindvindingsboringer viser, at den skiffrede nedre del af "Balka sandstenen" (Hadeborg og Brantevik leddene) har været truffet tidligere (GEUS rapporter 2002/94 og 2005/45). Hydrogeologisk betyder den større tykkelse af "Balka sandstenen" imidlertid ikke, at voluminet af dette reservoir er øget, idet størstedelen af de nederste 25 m udgøres af skiferlag.

Derimod kan dokumentationen af, at Nexø sandstenen kan opdeles i en øvre ca. 49 m tyk overvejende kvartsitisk sandsten (Langeskanske Led) og en nedre ca. 43 m tyk overvejende rødfarvet subarkosisk sandsten

(Gadeby Led), få stor betydning for fremtidig planlægning af grundvandsindvinding på Sydbornholm. Baseret på logtolkning (se figuren side 7) kan "øvre Nexø sandsten" vises at have regional udbredelse, og genfindes eksempelvis i en 105 m dyb boring ved Lobbæk (DGU nr. 246.796; GEUS rapport 2005/45), lokaliseret ca. 10,5 km øst for Borggård, samt i en 87 m dyb boring (DGU nr. 247.323 i GEUS rapport 2002/94) ca. 3,5 km nordvest for Borggård. Det er i denne sammenhæng værd at bemærke, at der i denne "øvre Nexø sandsten" i alle tre boringer er påvist vandførende sprækker, jævnfør flow-log på side 7 samt de nævnte GEUS-rapporter. I betragtning af den store dybde til "øvre Nexø sandsten" i Borggård boringen, 219 m til 262 m, er det bemærkelsesværdigt, at de to største indstrømninger observeres fra sprækker i henholdsvis 225 m (33 %) og 240 m (10 %) dybde.

Under borearbejdet blev der fra ca. 70 meters dybde og videre ned til bunden observeret overtryk i boringen. Betragtes forløbet af temperatur-, ledningsevne- og flow-logs fra bunden af boringen og opad, ses også mange zoner med indstrømning af vand, der foruden et øget flow hver især giver sig til kende ved et fald i såvel temperatur som ledningsevne i det opad strømmende vand. Uanset at der igennem mere end 25 år er foregået en større indvinding fra flere boringer ført ned i "Balka sandstenen" og beliggende kun nogle få kilometer nord for Borggård boringen, er der således

## Vandressource-administration

For Bornholms Regionskommune er Borggård boringen en enestående chance for at opnå ny viden om Bornholms næstvigtigste grundvandsmagasin. De nye stratigrafiske data har allerede vist, at geologien i mange af vandforsyningsboringerne i formodet "Balka sandsten" har været tolket forkert.

En bedre forståelse af, hvordan de tre nedre kambriske formationer på Sydbornholm er opbygget, har stor betydning for de fremtidige muligheder for at finde grundvandet og administrere udnyttelsen.

I sandstensmagasinerne er det en særlig udfordring at forstå vandets strømningsveje. Der findes således ikke et egentligt sammenhængende magasin, men mange systemer af sprækkezoner, der hænger mere eller mindre sammen og har forskellige trykniveauer. Det er derfor ikke muligt at udtegne et egentligt potentialekort for eksempel "Balka sandstenen", men informationerne fra den nye boring kan forhåbentligt være med til at skabe en bedre forståelse af vandets (uransagelige) veje i sandstenen.

## "Balka sandstenen" – et umuligt reservoir

Indtil 1974 havde geologer den opfattelse, at "Balka sandstenen" kun var ca. 60 m tyk. Man undgik så vidt muligt at udføre vandindvindingsboringer ned i enheden, idet de to brøndboringfirmaer på Bornholm, Brd. Anker i Hasle og Lind i Åkirkeby, dengang stadig benyttede den gamle dieseldrevne slagboringsteknik. Med denne teknik var det en meget langsom proces at hamre sig ned gennem den hårde sandsten.

Men i 1974 blev brøndboringfirmaet i Åkirkeby overtaget af en ung mand (Bjarne Pihl) uden større brøndboringserfaring, men med mod på livet. Under udførelse af en undersøgelsesboring (DGU nr. 247.322) ved Smålyngen for Åkirkeby kommunale vandforsyning i sommeren 1974 stoppede Bjarne Pihl derfor ikke med det samme, da han mødte den hårde sandsten i ca. 50 m dybde, men fortsatte 8 m ned. Her traf han på en vandførende sprække, som ikke alene havde artesisk vandtryk, men

trykket var så stort (4 m over terræn) at boringen helt af sig selv producerede mere end 20 m<sup>3</sup>/time.

Dette medførte, at Åkirkeby og Nexø kommuner i fællesskab i årene fra 1974 til 1976 gennemførte en række boringer i området Smålyngen nord for Pedersker med henblik på at undersøge og udnytte "Balka sandstenens" vandføringsevne. Den dybeste af disse boringer var 105 m (DGU nr. 247.349) og blev stoppet lige under et ca. 5 m tykt skiferlag efter at have gennemboret ca. 70 m "Balka sandsten".

Det skulle senere vise sig, at dette skiferlag er regionalt udbredt (= Brantevik Led). Alle boringer i Smålyngsområdet, der blev udført i årene 1974-76, påviste "Balka sandstenens" store vandføringsevne, og de blev efterfølgende indvindingsboringer for det nye vandværk "Smålyngen", der forsyner såvel Åkirkeby som Nexø.



Ældre borerig af næsten samme type som den Bjarne Pihl anvendte første gang, han borede ned i "Balka sandstenen". Her ses B. Pihl (iført grøn jakke) i færd med at bore ved Hundsemyre nær Snogebæk. (Foto: Hans Peter Birk Hansen)



Brantevik Led markerer en meget markant stigning i havniveauet, og formodentligt var aflejringsdybden i Bornholmsområdet nær 100 m. Denne markante "drukne event" kan også ses i flere skånske sektioner. Enheden er ikke blottet på Bornholm, men kan let genkendes på gammeloggene i mange vandboringer (figuren på side 7). På Bornholm indeholder den øvre del af Brantevik Led en rødfarvet horisont, ca. 0,5 m tyk, med enkelte helt tynde sandlag. Cuttings fra disse rødfarvede lag blev fejltolket som Nexø sandsten i den nærliggende vandboring (DGU 247.504) i Pedersker Sandstensbrud, så man forud for Borggård-boringen troede, at "Balka sandstenen" var ca. 85 m tyk. (Foto: A. T. Nielsen)

stadig artesiske forhold i sidstnævnte boring i såvel Nexø Formationen som i "Balka sandstenen" og den nedre enhed af de "Grønne Skifre".

I betragtning af boringens store dybde og deraf følgende mange meter borekerne, forestår der et omfattende og tidskrævende arbejde med en detaljeret undersøgelse, omfattende mineralogiske og geokemiske analyser samt porøsitet- og permeabilitetsmålinger. Med hensyn til porøsitet er det overraskende, at Sonic-log'en indikerer 5-10 % porøsitet i "Balka sandstenen" og den kvartsitiske "øvre Nexø sandsten", hvorimod den samme log ikke overraskende indikerer en meget lav porøsitet i den "nedre Nexø sandsten" (0-2 %). Dette vil blive nærmere undersøgt ved por/permeabilitetsbestemmelser af borekernen. Men det har længe

været en gåde, hvordan man fysisk skulle forklare den barometereffekt på ca. 20 %, som kan observeres på vandstandsobservationer i vandforsyningsboringer ført ned i "Balka sandstenen" (Sørensen & Hansen, 1976), idet en sådan effekt forudsætter en vis porøsitet af reservoirbjergarten (Barometereffekt  $B = n * \gamma * d / (EW * S)$  hvor  $n$  er porøsitet,  $\gamma$  porevandets massefylde,  $d$  reservoirbjergartens tykkelse,  $EW$  vandets elasticitetsmodul og  $S$  reservoirlagets magasintal).

Porøsiteten kan være både primær (intergranulær) og sekundær (sprækkebetiget), og det har hidtil været den almindelige opfattelse, at "Balka sandstenen" ikke havde bevaret primær porøsitet. Måske venter der også her en overraskende nyhed.

#### Referencer:

- Jensen, F. T., Hinsby, K. og Clausen, E., 2002: Bornholms Amt – Udførelse af geofysiske borehulslogs i 10 boringer. GEUS Rapport 2002/94.
- Klitten, K., 2005: Bornholms Regionskommune – Logging og vandkemi i vandforsyningsboringer, 2004. GEUS Rapport 2005/45.
- Nielsen, A.T. & Schovsbo, N., 2006: Cambrian to basal Ordovician lithostratigraphy in southern Scandinavia. Bulletin of the Geological Society of Denmark, vol. 53, pp. 47-92.
- Sørensen, T. and Hansen, H. O., 1976: Comprehensive Geohydrological Study of Consolidated Sedimentary Rcks in Bornholm. Nordic Hydrology, 8, 1977.



## Danmarks førende miljørådgiver

Viden skaber værdi

Vi søger altid nye, dygtige medarbejdere.

Læs mere på [www.orbicon.dk/job](http://www.orbicon.dk/job)

