

DGF Grundvandsmøde 2007 – borearbejde i praksis

JOACHIM RABEN-LEVETZAU & KARSTEN JUUL

Raben-Levetzau, J. & Juul, K. 2007-12-05: DGF Grundvandsmøde 2007 – borearbejde i praksis. Geologisk Tidsskrift 2007, pp. 18–26, København.

Det sjette DGF Grundvandsmøde blev afholdt den 4. oktober 2007 hos rådgiverfirmaet COWI i Lyngby. Mødets tema var »Borearbejde i praksis«. Temaet blev valgt i erkendelse af, at mange grundvandsfolk både hos offentlige myndigheder og hos private rådgivere til dagligt beskæftiger sig med boredata, men ofte uden væsentlig praktisk boreerfaring eller med en viden, der trænger til at opdateres i forhold til ny teknik, nye erkendelser og nye problemstillinger. For at belyse temaet havde DGF inviteret syv oplægsholdere, der til dagligt arbejder med den praktiske udførelse af boringer. Oplægsholderens præsentationer blev efter mødet lagt på DGF's hjemmeside.

Mødet var velbesøgt med i alt 71 deltagere fra hele landet inklusive oplægsholderne. Alle sider af grundvandsmiljøet var repræsenteret på mødet. Deltagerne kom fra kommuner, miljøcentre, regionerne, GEUS, rådgivere, vandforsyninger og brøndboringsfirmaer. Både den store mødedeltagelse, den faglige bredde hos deltagerne og den livlige debat på mødet viste, at emnet var relevant.

Borearbejde i praksis

Udbudsmateriale og arbejde

Thomas Brøker,
Bøndboringsfirmaet Brøker

Det konstruktive indlæg beskrev den uoverensstemmelse, der ofte er mellem udbudsmaterialet til en boreentreprise, og den viden brøndboreren har, om hvad der er muligt og hensigtsmæssigt. Tidligere deltog den lokale brøndborer aktivt i planlægningen af nye boringer, men i dag har rådgivere overtaget den kommunikation, der før foregik mellem bygherre og entreprenør og ikke altid til bygherrens fordel.

Boreentrepriser udbydes til mange brøndboringsfirmaer, og der er en betydelig konkurrence. Der lig-

ger et stort arbejde i både at lave og bedømme et tilbud – der bør derfor arbejdes hen i mod en standardisering af fx tilbudslister, så de ikke bliver for detaljerede og forskellige fra gang til gang. Tilsvarende bør arbejdsbeskrivelserne forenkles. Det er ikke ualmindeligt, at arbejdsbeskrivelsen er for detaljeret og viser en mangelfuld eller forudindtaget mening om udførelsen. Det blev anbefalet, at rådgiveren konsulterer brøndborerfirmaerne under udarbejdelsen af tilbuddet, når der er tvivl om tekniske løsninger. Generelt er et kort udbudsmateriale at foretrække. Der er dog vigtige detaljer, der er væsentlige, som fx vandrejsning, afledningsforhold, adgangsforhold, permeabilitet m.v.

Tidsplaner bør have et særligt fokus, idet stramme tidsplaner let kan skride. Det er ikke rimeligt at stille krav til boreentreprenøren om at holde tidsplanen og indføre bod, og samtidigt tillade at rådgiveren eller bygherren kan starte borekampagner tidligere eller senere uden hensyn til boreentreprenøren. Det er vigtigt, at store projekter starter til den planlagte tid ellers ryger fleksibiliteten for brøndboreren, og det koster 20.000 kr om dagen i tabt arbejdsfortjeneste at stå stille med sin borerig. Dialogen mellem brøndborer og rådgiver er derfor helt central under hele forløbet af en boreentreprise.

Til sidst blev der præsenteret eksempler på tilbud, som Brøker havde givet. Brøndborerens forbehold blev fremhævet, som vigtige kommentarer til udbudsmaterialet, og samtidig blev det alternative tilbud fremhævet, som en beskrivelse af den måde, brøndboreren mener, arbejdet mest hensigtsmæssigt bør udføres. Indlægget blev afsluttet med en opfordring til samarbejde mellem rådgiver og brøndborer, til at oplysninger til brøndboreren er korte og præcise, til forenkling af arbejdsbeskrivelser og til kortfattede tilbudslister.

Lufthæveboremetoden

Henrik Schmidt, Vand-Schmidt

Det spændende og illustrative indlæg blev indledt med en beskrivelse af boreteknikken og dens fysiske forudsætninger. Metoden er en omvendt skylleboringsteknik. Borevæske fra et mudderbassin føres ned i borehullet på ydersiden af borestangen. Samtidigt blæses luft ned gennem borestangens 'hule' rørkant og ind lige over borekronen. Her bevirker luften en kraftig opdrift i borevæsken, så løsboret materiale hurtigt føres til overfladen gennem borestangen. Metoden er omstændelig i de øverste 20 m og kræver forboring med en anden metode, hvorefter lufthævning langsomt kan tage fat. En række forskellige mejseltyper benyttes afhængigt af de geologiske forhold. De almindeligste er rullemejsel og vingemejsel, hvor rullemejslen giver et ringere prøvemateriale end vingemejslen. Jordprøverne er dog af rimelig kvalitet og er repræsentative for boreddybden.

Herefter blev der fortalt om blandingen af og behovet for boremudder. Afhængigt af de geologiske og hydrologiske forhold benyttes forskellige borevæskeblandinger. Borevæsken består af vand tilsat stoffer, der øger viskositet eller densitet og som tilsættes afhængigt af de forhold, som brøndboreren ønsker at styre, så fx boringens stabilitet og transporten af materiale til overfladen. Typiske materialer der benyttes er bentonit CMC (carboxy-methyl-cellulose eller tapetklister), baryt eller tungsand – de sidste to er rene vægtfyldeforøgere. Materialevalg, blanding og tilsætning af boremudder er et håndværk, hvor den praktiske brøndborerererfaring er altafgørende.

Til sidst i indlægget blev metodens boretekniske udfordringer og dens fordele omtalt. Der kan være problemer omkring boringens stabilitet med en mak-



Lufthæveboring. Mange tunge køretøjer og logistik kræver planlægning.

simal tid for det åbne hul på 24 timer. Der skal graves et mudderbassin ved borestedet og terrænet skal efterfølgende reetableres. Alternativt skal der benyttes containere til borevæsken. Større sten i boringen giver problemer. Skal de knuses eller sprænges, og hvem har ansvaret? Logistikken skal også håndteres. Der er tale om store maskiner på 30 ton, samt vandforsyning i tank og levering af bentonit hvilket medfører tung trafik, der kræver køreplader og omhyggelig koordinering. Metodens umiddelbare fordele er, at boringer kan udføres med stor diameter og til meget stor dybde, identifikationen af lagserien er god og jordprøverne er rimeligt repræsentative. Endelig er økonomien overkommelig i forhold til alternativerne.

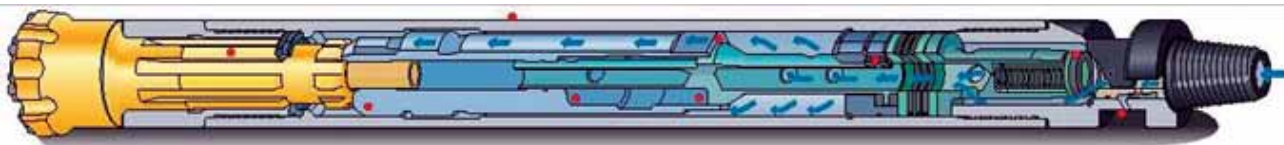
DTH-boremetoden

Jens Baumann, GEO

Foredraget blev indledt med en beskrivelse af Cityring-projektet i København, hvor der over et lille års tid i kalken udførtes 66 kerneboringer, 120 DTH-boringer (down-the-hole-hammer), 91 miljøboringer, samt et ukendt antal 8" kvartær-boringer. Foredraget blev ledsaget af fotos fra projektet, der illustrerede udfordringerne ved både projektet og metoden.

DTH-boremetoden benytter luft, der under højt tryk presses gennem den hule borestang og ud ved borekronen, hvor der er monteret en DTH-hammer. Trykluffen fører derpå det løsborede materiale op mellem borestangen og borevæggen. I kvartære lag bores altid med casing. DTH-boringer anvendes til en lang række formål. Vandforsyningsboringer, afværgeboringer, grundvandssænkingsboringer, samt i boringer, hvor boremudder ikke er ønsket. Metoden kan benyttes i såvel faste bjergarter som i løs jord. Forskellige DTH-boremetoder, så som Odex og Symmetrix og de hamre og borekroner, der benyttes, blev beskrevet og illustreret på mødet.

Der er flere fordele ved metoden. Boring i løs jord kan stabiliseres ved brug af borerør/casing, boringen renses kontinuerligt, der er ikke brug for et mudderbassin, der er ingen mudderkage på borevæggen, og permeabiliteten omkring boringen er øget og der er ydermere tale om en meget hurtig boreproces. Ulemperne ved metoden er den dårlige prøve kvalitet på grund af nedknusning, og fastlæggelsen af laggrænser er usikker. Der skal afskærmes for sprøjt af vand og løsboret materiale under arbejdet. Metoden er dyr i brændstof og med et højt slid på materialet. At der også er en sikkerhedsrisiko ved uheld under boreprocessen, blev illustreret med eksempler på materielle skader fra Cityring-projektet.



DTH hammer og borekrone.

Materialer til borearbejde

Kirsten Sahl, Rotek

Rotek leverer materiale til borearbejde og fortalte om de forskellige produkter, som der også var medbragt et udvalg af, og som blev studeret nærmere i pauserne. Der blev indledt med kemikalier og andre stoffer til borevæsker, der benyttes i skylleboringer. Borevæskens skal stabilisere boringer uden casing; den skal transportere opboret materiale til overfladen; den skal rense, smøre og køle boregrejet under boreprocessen, og den danner mudderkager på indersiden af borehullet, så der ikke sker en udveksling af væske mellem hul og formation. Boremudders densitet reguleres med baryt, med CMC (en pulverbaseret polymer) eller med A63 (en flydende polymer). Viskositeten reguleres med CMC, A63, API Bentonit eller med Soda Aske.

De rør og filtre, der normalt anvendes til grundvandsboringer, består af PVC og indeholder i Skandinavien ikke bly. Her ud over anvendes PE-rør, der har den ulempe, at de kan kollapse på stor dybde samt rustfri stålør. PVC-rør samles med gevind, der tættes med profiltætningsringe, eller samlingerne limes. Der anvendes styr på rør, for at sikre at de står midt i borehullet. Andre typer rør anvendes i geotekniske boringer og særligt certificerede rør i miljøtekniske boringer.

Som filtersand anvendes vasket og sorteret kvartsand. Sandet skal forhindre formationsmateriale i at sætte sig i filterets slidser og dimensioneres sammen med filterets slidsebredde efter kornstørrelsen af formationsmaterialet.

Som forseglingsmateriale anvendes typisk bentonitgranulat, der forhindrer vand i at trænge ned fra overfladen, forhindrer krydskontaminering mellem de gennemborede grundvandsmagasiner, samt giver en ekstra sikkerhed ved rørsamlinger. Bentonit-cement produkter anvendes også til forsegling.

De vigtigste egenskaber ved forseglingsmaterialer er kvældningskapacitet, kvældningshastighed og kvældningstryk, permeabilitet samt synkehastighed. I den efterfølgende diskussion blev det fra salen stærkt anbefalet, at boringer forsegles hele vejen med

bentonit for at sikre mod krydskontaminering og skorstenseffekt.

Tilsyn med og samarbejde om borearbejde

Ole Silkjær, Orbicon

Indlægget blev indledt med en gennemgang af de love og bekendtgørelser, der regulerer området. I den forbindelse blev det konstateret, at det er kommunen, der har tilsynspligten med boringer efter grundvand, som udføres inden for dens område. Formålet med tilsynet er at sikre sin investering, at sikre at der udføres kvalitetsarbejde, at drikkevandet sikres og at sikre at de gældende lovkrav overholdes.

Herefter blev forskellige grader af tilsyn beskrevet fra fuldt tilsyn til et tilsyn alene med dokumentationen for det udførte arbejde, men hvor arbejdspladsen ikke besøges. I tilsynet opereres med to kvalitetstyper: (1) miljøkvalitet, der omfatter boringens egenskaber, og som har til formål at minimere risikoen for at boringen udgør en forureningsvej til grundvandet samt (2) teknisk kvalitet, som er boringens evne til at opfylde boringens formål. Kvalitetsniveauet fastsættes ud fra boringens formål og placering, og de materialer, der benyttes til boringsudbygningen, fastsættes på baggrund af det ønskede kvalitetsniveau.

Hvad kræver tilsyn med borearbejde af den tilsynsførende? Kendskab til de geologiske forhold, til de hydrogeologiske forhold og til boreprocesser og boreteknik, samt kendskab til forureningsspredning og til lovgivningen på området. Helt centralt for borearbejdet er en klokkeklar ansvarsfordeling. Borearbejdet kan opdeles i fire faser: Før, under, efter og afslutning. Det blev anbefalet at tilsynet, dvs boreentreprenøren og bygherren, sammen gennemgår de fire faser, og at ansvarsfordelingen nedskrives i et tilsynsnotat. Det letter arbejdet, at alle aktører har et tilsynsnotat og ved, hvad deres ansvarsområde er.

Før borearbejdet skal en række forhold afklares: borestedet skal udpeges, adgangsforhold skal fast-

lægges og lodsejerkontakt etableres. Tilladelser, udbudsmateriale og boreinstruks skal være på plads og vand- og elforsyningsforhold skal kendes. Endelig skal geologi og hydrologi kendes.

Under borearbejdet skal der holdes styr på mange punkter: kommunikation og organisation, boreteknik, oliespild fra borerig, vand under borearbejdet og tilsætningsstoffer, boreddybde, borejournal, dagsrapport, sikkerhed, prøvetagning, opbevaring af jordprøver, levering af jordprøver, prøvebeskrivelse, borehulslogging, byggemøde og filtersætning.

Efter borearbejdet skal udbygning og filtersætning finde sted og boringen skal afsluttes. Boringen skal renpumpes, eventuelt prøvepumpes og vandafledningsmulighederne skal kendes. Der skal tages vandprøver, og der skal foretages dokumentation og kvalitetssikring af det udførte arbejde. Som afslutning på boreentreprisen skal der foretages en reetablering af borestedet og en eventuel erstatningspligt skal afgøres. Det reetablerede borested skal kontrolleres, boringen skal indmåles, og der skal laves et lokaliseringskema. Endelig skal aflevering og indberetning finde sted.

Konklusionen på det meget spændende indlæg – og på en vellykket boreentreprise – er at det er afgørende at kommunikationen mellem de involverede parter fungerer, og at der er veldefinerede arbejdsområder. Der skal være klare linier mellem parterne, og der skal etableres et fælles fokus på kvalitet som et mål for arbejdet.

Boringsudbygning i praksis

Christian Christiansen, Brøndborerfirmaet
Poul Christiansen A/S

Boringsudbygning er en arbejdsproces, der kræver stor omhyggelighed, og samtidig skal arbejdet ske hurtigt. Før boringen lov til at stå åben i lang tid forringes virkningsgraden og risikoen for kollaps øges. Før filterrør kommer i, skal de materialer, der skal benyttes, kontrolleres. Er der skader? Er der de rigtige mængder? Har materialerne de rigtige dimensioner? Det skal overvejes om filteret skal hænges, hvilket giver et lige forerør, men belaster samlingerne, eller om det skal sættes, hvilket giver et skævt forerør, men aflaster samlingerne. Det skal kontrolleres om den besluttede boringsudbygning (gruskastning og slidsestørrelse) passer til jordprøver, til logresultater og til de materialer, der er fremskaffet.

Det bør overvejes, om borevæsken skal udskiftes/fortyndes, da det kan bidrage til en hurtigere gruskastning samt en bedre virkningsgrad. Det kan lige-



Boringsudbygning. Her forsegles med bentonit.

ledes overvejes, om forerøret skal afproppes for at forhindre flow gennem filteret, hvorved evt. ler, græs mv. ikke trækkes mod og ind i filtret. Ulempen er at det tager længere tid. Afhængig af boringens dimension, dybde og borevæskens konsistens kan det tage kortere eller længere tid at få filtermateriale ned på plads, og der skal tålmodighed til. Her er det vigtigt at følge med med pejlet, således at der hele tiden er kontrol med opfyldningen. Forbrug noteres ned, således at et eventuelt merforbrug korreleret med dybden kan indikere om og hvor der kan optræde hulrum, der skal fylde ud.

Efter gruskastning skal boringen forsegles. Der bruges typisk produkter som Mikrolit B og 00 samt Hydron. Det bør være afklaret med tilsyn og bygherre om forseglingen skal føres helt til top, eller om der skal benyttes bagfyld. Ved forseglingen er det som ved gruskastning vigtigt af følge med med pejlet, således at der ikke opstår problemer som fx propper. Mange styr på røret kan medvirke til en øget risiko for brodannelse og dermed propper. Som ved gruskastningen noteres forbruget ned, således eventuelle hulrum opdages. Der skal tages højde for hvilken type overbygning, der er aftalt, inden forseglingen føres helt til terræn.



Prøvetagning: Der foretages feltmålinger inden og under selve vandprøvetagningen.

Pumpetyper, forpumpning og vandprøver

Per Misser, Miljøcenter Århus

Per Misser holdt dagens sidste indlæg, der handlede om vandprøvetagning. Han startede med at fortælle om forskellige pumpetyper og deres virkemåde, styrker og svagheder. Herefter fortalte han om baggrunden for valg af pumpetype. Pumpens dimensioner og ydelse skal være i harmoni med boringens dimension og ydeevne. Det er i princippet ligegyldigt, hvor pumpen placeres, men det anbefales, at den sættes lige over filteret (af hensyn til annulusvand og køling). Endelig skal pumpens egenskaber leve op til analyseprogrammets fordringer.

For at fjerne en almindelig misforståelse blev der redegjort for forskellen mellem renpumpning og forpumpning. Renpumpning er den første pumpning efter boringens etablering, og udføres normalt af brøndboreren. Formålet med renpumpningen er at fjerne opslæmmede stoffer og rester af boremudder, samt at finde boringens egenskaber (ydelse og sænkning). Mange oplysninger kan hentes i GEUS' Jupiterdatabase med DGU-nr som indgang. Forpumpning er den

nødvendige pumpning, der klargør en boring til prøvetagning, og forpumpningen foretages af den, der skal tage prøverne, da processen er integreret. Forpumpnings formål er at sikre, at det vand, der udtages til prøve, repræsenterer det grundvandsmagasin eller den situation, der ønskes beskrevet.

Desuden at registrere de oplysninger, som er flygtige, det vil sige, at væsentlige oplysninger, som ikke kan analyseres inde på laboratoriet, bliver registreret på stedet.

Forpumpning fjerner også annulusvand. Annulusvand er det 'gamle' vand, der står i borerøret over pumpen. Når der pumpes, sænkes vandspejlet, og annulusvand trænger nedad, og blander sig med det friske vand fra boringens filter. Annulusvands misvisende virkning fjernes ved at forpumpe med en passende afsenkning (pejlinger). Før feltmålinger og prøvetagning sættes pumpens ydelse ned. Herved stiger vandspejlet lidt, således at der kun er frisk vand ud for pumpens indtag.

I forbindelse med forpumpningen, og eventuelt under prøvetagningen, foretages en række feltmålinger. Feltmålinger er i denne forbindelse målinger på stedet, der tages umiddelbart mens vandet pumpes op. Feltegnede parametre er parametre, som ikke egner sig til at blive fragtet til og målt på laboratoriet, fx: ilt-indhold, pH, eH, temperatur, sulfid, pejling m.fl. Feltnødvendige parametre er parametre, som før prøvetagningen fortæller en historie om forløbet og kvaliteten af forpumpningen, fx: ilt-indhold, pH, eH, temperatur, ledningsevne, pejling, flow, vandets farve og klarhed. Formålet med feltmålingerne er at have kontrol over forpumpning og prøvetagning, at måle feltegnede parametre i felten, samt at skabe boringens fingeraftryk og unikke identitet til støtte af tolkning af analyseresultater.

Til sidst blev prøvetagningsprocessen gennemgået. Det kræver stor erfaring og omhu at få gode repræsentative resultater. Per Misser gennemgik og illustrerede med eksempler en lang række processer, der finder sted under prøvetagningen, og som kan give misvisende resultater, og hvor feltanalyser i nogen grad kan løse problemet. Konklusionen er, at visse parametre udføres bedst som feltanalyse, ilt-indhold, pH (og sulfid), at feltanalyser er nyttige til at sikre at prøvetagningen er korrekt udført. Feltanalyser kan endvidere afsløre 'dårlige boringer', samt benyttes til at tilrettelægge prøvetagning i andre boringer, der prøvetages første gang.