

Farriskilden og ny E18 bru over Farrisvannet

Vurdering av risiko for Farriskilden ved etablering av ny bru over Farrisvannet for E18 ved Larvik

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 150



Tittel

Farriskilden og ny E18 bru ved Larvik

Undertittel

Vurdering av risiko for skade på Farriskilden

Forfatter

Per Kraft, Nils-Otto Kitterød og Elisabeth Gundersen

Avdeling

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen

Seksjon

Geoteknikk og skred

Prosjektnummer

2010001823

Rapportnummer

Nr. 150

Prosjektleder

Jørn Rinde

Godkjent av

Øyvind Firman

Emneord

Farrisakviferen, peler, strømning, pumpetest, risiko

Sammendrag

I forbindelse med bygging av ny E18 bru over Farrisvannet ønsket Ringnes at det skulle utføres en risikovurdering i forhold til Farriskilden som benyttes til produksjon av mineralvannet Farris. Farriskilden er lokalisert i området mellom Farrisvannet og Larviksfjorden. Tidligere undersøkelser antydte at dype fundamenter i og langs Farrisvannet kan påvirke Farrisakviferen som Farriskilden er en del av. En endring i produksjon og vannkvalitet kan gi store konsekvenser for Ringnes. Denne rapporten viser de undersøkelser som Statens vegvesen har gjennomført for å avdekke sannsynligheten for en slik påvirkning. Konklusjonen er at fundamenteringen av brua kan gjennomføres med en neglisjerbar risiko for påvirkning av Farriskilden.

Title

The Farris Aquifer and the new bridge at Larvik

Subtitle

An evaluation of the risk of damaging the Farris Aquifer

Author

Per Kraft, Nils-Otto Kitterød og Elisabeth Gundersen

Department

Traffic Safety, Environment and Technology Department

Section

Geotechnical Section

Project number

2010001823

Report number

No. 150

Project manager

Jørn Rinde

Approved by

Øyvind Firman

Key words

The Farris aquifer, piles, waterflow, risk, pump test,

Summary

In connection with the construction of a new bridge across the Farris Lake the Company Ringnes wanted the Norwegian Public Roads Administration (NPRA) to carry out a risk assessment in relation to the Farris aquifer, which is the source of the mineral water Farris. The Farris aquifer is located in the area between the Farris Lake and the Larvik fjord. Previous studies suggested that deep foundations in, and along the Farris Lake can affect the Farris aquifer. A change in the production rate and the water quality can have major consequences for Ringnes. This report lists the investigation NPRA conducted to identify the likelihood of such impacts. The conclusion is that the foundations of the bridge can be completed with a negligible risk of influencing the Farris aquifer.

NOTAT

Oppdragsgiver: Statens vegvesen
Oppdrag: 528336 – Vurdering av risiko for Farriskilden ved E18-utbygging
Dato: 2013-04-12
Skrevet av: Per Ingvald Kraft, Nils-Otto Kitterød og Elisabeth Gundersen

VURDERING AV RISIKO FOR FARRISAKVIFEREN VED ETABLERING AV NY BRU OVER FARRISVANNET FOR E18 VED LARVIK

INNHOOLD

1	Innledning	2
2	Arbeidsgruppens mandat	5
2.1	Aktuelle problemstillinger knyttet til risikovurderingen.....	5
3	Arbeidsprosess	5
4	Datagrunnlag.....	6
5	Utførte undersøkelser med resultater	7
5.1	Totalsonderinger	7
5.2	Prøveramming.....	15
5.3	Geofysiske undersøkelser	15
5.4	Prøvepumping og grunnvannsovervåkning	17
6	Risikovurdering	23
6.1	Sammendrag av vurderingsgrunnlag.....	24
6.2	Konklusjon	24

1 INNLEDNING

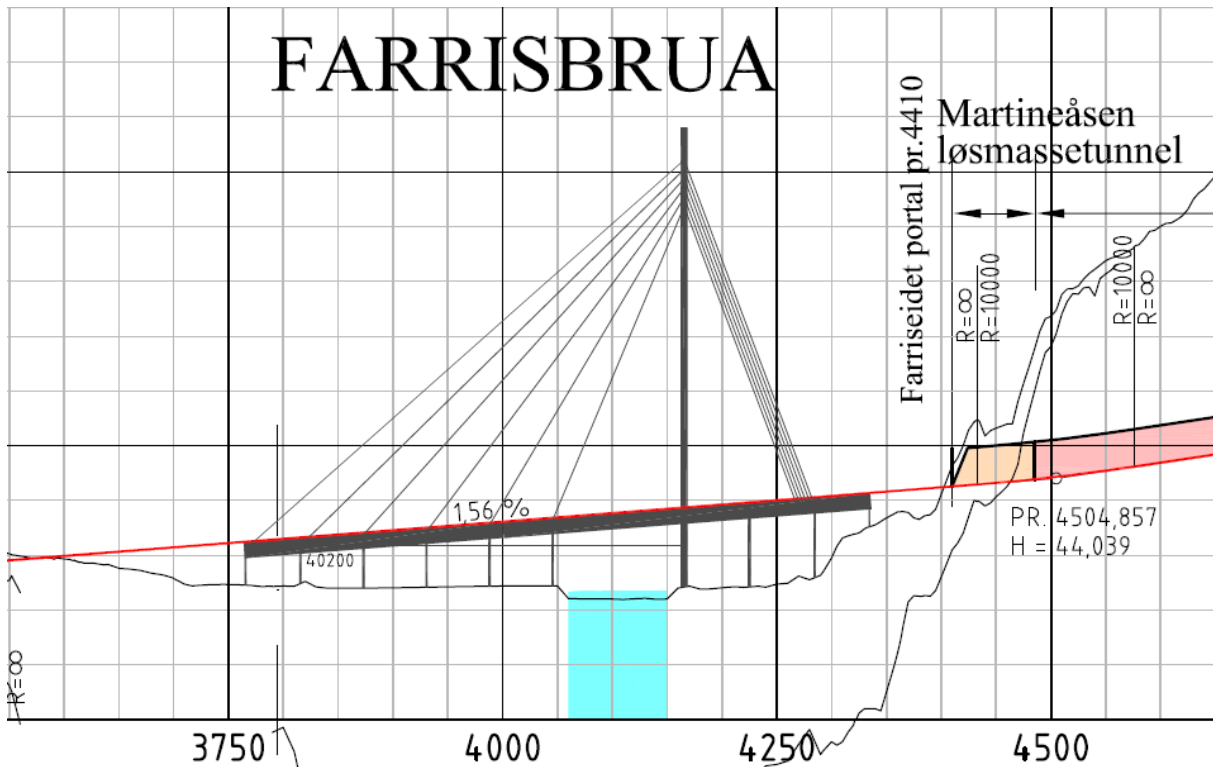
Statens Vegvesen Region Sør arbeider med planer for ny firefelts E18 i søndre Vestfold. For traseen Bommestad – Sky er det knyttet mange interesser til begge sider av veien, bl.a. Farrisvannet som drikkevannskilde og Farriskildene som benyttes av Ringnes til produksjon av mineralvannet Farris. Trase og broløsning for kryssing av Farriseidet (fig 1) er valgt bl.a. på grunnlag av tidligere konsekvensvurderinger. Det ligger også til grunn en plan- og designkonkurranse for valg av broløsningen.



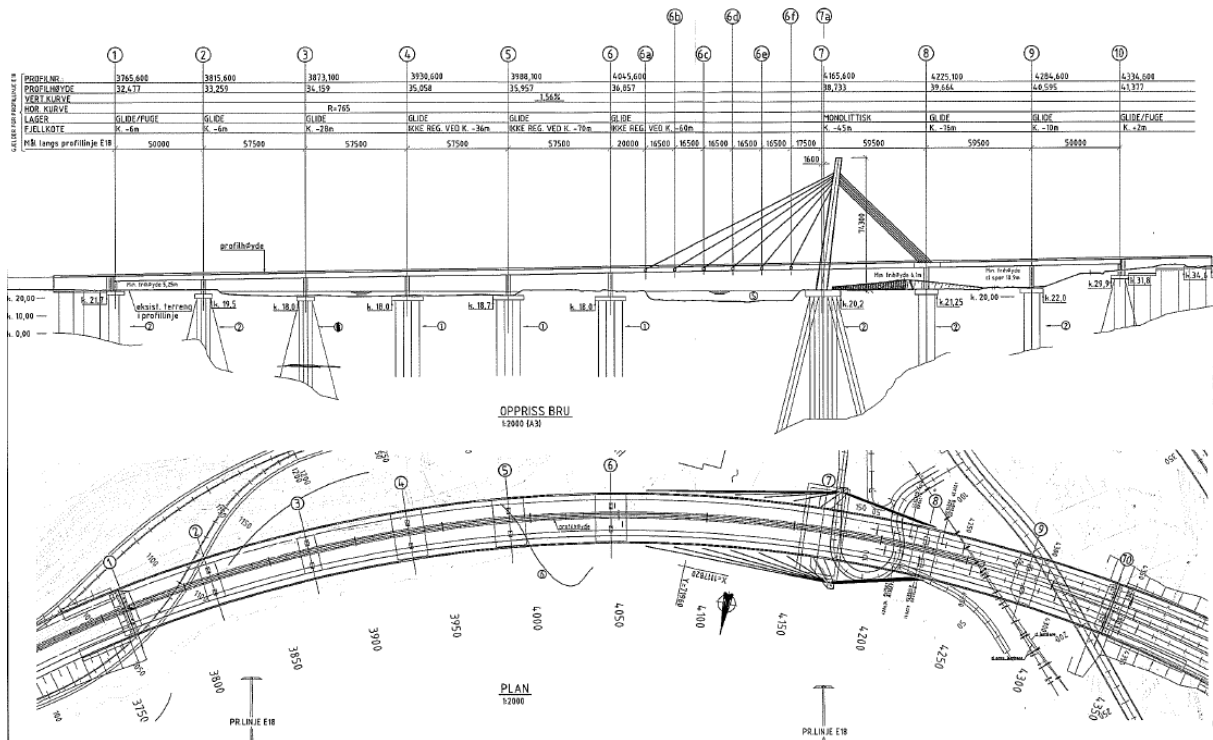
Figur 1: Illustrasjon av ny vegløsning ved Farriseidet (SVV). Farrisvannet i bakgrunnen, Hammerdalen i forkant, og Martineåsen til venstre i bildet.

Ny E18 forbi Larvik skal gå fra en senket løsmassetunnel langs Bøkeskogen over på en viadukt langs Farrisvannet og derifra inn i en skråstagbru som krysser vannet ved Farriseidet (fig 2). Viadukten og skråstagbrua skal fundamenteres på pelegrupper i hver akse (betongplattform 1 – 10). I tillegg etableres nytt lokalveisystem (fig 3).

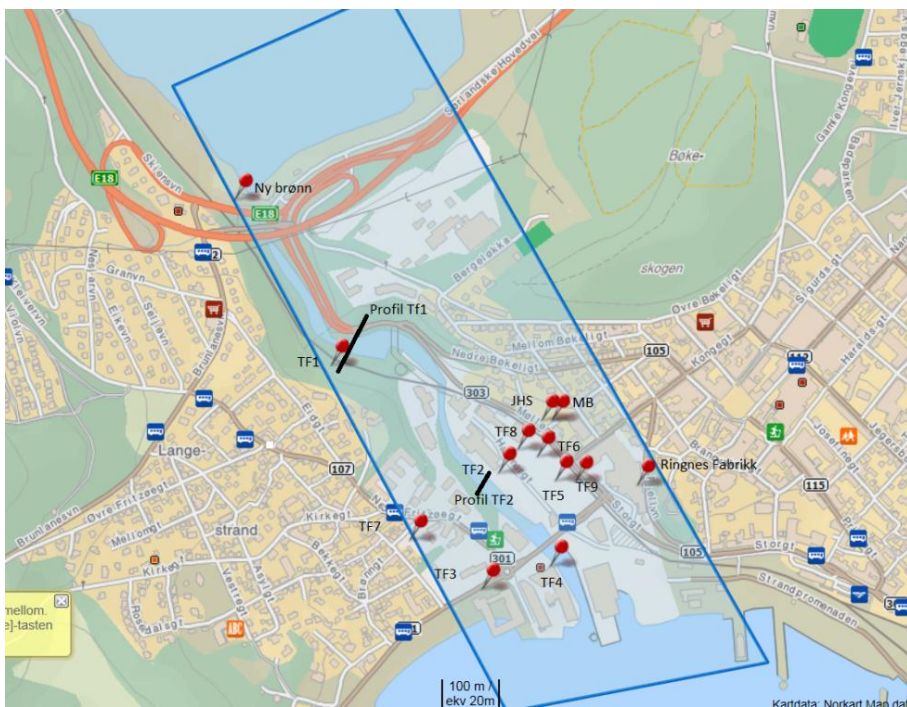
Farriskilden er lokalisert i området mellom Farrisvannet og Larviksfjorden. Ringnes har sine produksjonsbrønner på egen tomt ved foten av Bødkerfjellet. Kildens utbredelse er delvis kartlagt ved etablering av flere undersøkelsesbrønner i midtre og nedre deler av Hammerdalen (fig 4). Det er tidligere påvist trykkmessig kommunikasjon i grunnvannsmagasinet over store avstander. Det er indikasjoner på at vannførende lag ligger på eller like over berggrunn i Hammerdalen.



Figur 2: Snitt av Farrisbrua med fundamenteringsakser (1 – 10). Aksene er nummerert fra venstre mot høyere.



Figur 3: Vertikalsnitt og planskisse av de planlagte vegsystemene ved Farriseidet med aksenummer og prinsipp for pelefundamentering (omprosjekter i akse 7 til 12 store vertikale peler)



Figur 4: Kart over aktuelt område. Røde piler markerer brønner med profil- og nivådata. Ny brønn = PB2. Blå firkant viser en trolig utstrekning av området med stort dyp til fjell, lagdelte løsmasser og grunnvannsførende lag.

Områdene nordover mot Farrisvannet, Farriseidet og deres betydning for Farriskilden var ikke tilstrekkelig kjent som grunnlag for vurdering av risiko for Farriskildene ved utbygging av E 18 i det aktuelle området.

Tidligere undersøkelser, som har omfattet geofysikk, totalsonderinger mm, viser at det er mektige løsmasseavsetninger og stort dyp til fjell (> 100 m) i sentrale deler av Hammerdalen, ved Farriseidet og videre nordover i Farrisvannet.

Tidligere undersøkelser indikerer en lagdeling i området for brofundamentering med marine leire over overkonsolidert morene og underliggende delvis sorterte, finstoffrike, lagdelte masser. Det antas at massene under morenelaget kan være delvis vannførende og stå i kontakt med akvifersystemet i Hammerdalen.

Statens Vegvesen Region Sør og Ringnes har drøftet ny E18 på aktuell trasé og forholdet til Farriskilden. På denne bakgrunn vedtok man å etablere en arbeidsgruppe for nærmere utredning. Arbeidsgruppen skal gi en vurdering av risiko for påvirkning av Farriskilden knyttet til aktuelle inngrep nødvendig for etablering av ny E18.

Arbeidsgruppen har følgende sammensetning:

Elisabeth Gundersen	Vegdirektoratet
Nils-Otto Kitterød	UMB
Per Kraft	Asplan Viak as

2 ARBEIDSGRUPPENS MANDAT

Arbeidsgruppen skal undersøke om fundamenteringen av bru og viadukt og etablering av løsmassetunnelen kan skade et avifersystem som Farriskilden kan være en del av. Mer konkret skal følgende utredes:

- Akse 7: Tårnfundamentet skal fundamenteres på peler til fjell. Gruppen skal undersøke om pelene og prosessen med å få pelene ned kan skade akvifersystemet negativt, dvs. forårsake vesentlig påvirkning i anleggsfasen eller permanente endringer i trykkforhold og vannkvalitet.
- Akse 4, 5 og 6: Fundamenteringen i disse aksene er pelegrupper bestående av inntil 40 m lange friksjonspeler. Gruppen skal undersøke om pelene og prosessen med å få pelene ned kan skade akvifersystemet negativt.
- Spuntvegg langs Bøkeskogen. Gruppen skal avdekke om denne spunten kan blokkere lag som er tilknyttet akvifersystemet.

2.1 Aktuelle problemstillinger knyttet til risikovurderingen

- Hvor strømmer grunnvannet i det aktuelle området?
- Hvilke inngrep kan påvirke grunnvannssystemet i Hammerdalen med risiko for kvalitet og mengde i Farriskildene?
- Hva kan vi gjøre for å øke kunnskapen og redusere usikkerheten i vurdering av grunnvannsforholdene og virkning av de aktuelle inngrepene?
- Hva kan gjøres for å redusere eventuell påvirkning på grunnvannet og Farriskildene?

3 ARBEIDSPROSESS

I møte mellom Statens Vegvesen og arbeidsgruppen den 9.2.2012 fikk arbeidsgruppen en gjennomgang av aktuelle planer vedr. fundamentering av bro over Farriseidet og tunnel ved bøkeskogen. Begge anleggsinngrep var da under prosjektering mhp omfang, metoder etc. Arbeidsgruppen la i møtet fram forslag til supplerende undersøkelser - hovedsakelig geofysiske undersøkelser.

For å få tilstrekkelig grunnlag for en risikovurdering ønsket gruppen å utføre seismiske undersøkelser i forbindelse med prøverammingen av en pel i akse 2, 6 og 8 (fig 3). For å få mest mulig ut av målingene ble det gjennomført en forstudie utført av READ AS der man bl.a. så på hvordan man kan bruke energien fra rammingen som kilde for å kartlegge fjelltopografi og løsmassefordelingen i det aktuelle området.

I det videre arbeidet våren 2012 ble det gjennomført prøvepeling og geofysiske undersøkelser knyttet til dette (READ). Undersøkelsene, som delvis omfattet nye metoder knyttet til pelerammingen som energikilde (refleksjons- og refraksjons-seismikk) ga interessante, men begrensede resultater, bla. pga. at pelingen ikke lot seg gjennomføre som planlagt.

Prøvepelingen, som kun delvis lot seg gjennomføre pga. steinblokker og svært faste masser, førte til omprosjektering av fundamenteringen for broløsningen. Omarbeidet peleplan omfatter relativt grunne peler i morenelaget for alle fundamentene med unntak av akse 7 og

8 der det skal fundamenteres til fjell. I akse 7 er det i størrelsesorden 70 - 80 m til fjell og pelene kan gå gjennom potensielt vannførende lag.

På grunnlag av omarbeidet peleplan, ble det besluttet å etablere undersøkelsesbrønn i akse 7 for bedre registrering av lagdeling og om mulig prøvepumping. Dette er gjennomført i samband med overvåking i enkelte brønner i Hammerdalen og ved Farriskildene.

Undersøkelsesbrønn 1 ble etablert oktober 2012 og boret til fjell på 70 m dyp. På grunnlag av borloggen ble det satt filter i to nivåer, 55,5 - 61,5 m dyp og 65 – 71 m der det så ut til å være vannmengder av interesse og mulighet for prøvepumping. Ved opptrekking av foringsrøret, ble stigerør/filter (brønnrøret) med opp og brønnfiltrene ble stående i feil nivå. Prøvepumpingen viste at brønnen gir svært lite vann og er uegnet for testing av Farrisakviferen. Borprofil med masseuttak og observasjoner av grunnvannsnivå ga likevel nyttig informasjon.

Det ble da besluttet å etablere en ny undersøkelsesbrønn. Denne ble etablert desember 2012. Borloggen viste fjell på 71 m og filter ble satt fra 69 til 73 m dyp. Brønnen ble prøvepumpet i perioden 9 – 29.januar 2013 med totalt uttak ca. 1300 m³. Borprofilet og resultater fra prøvepumpingen har gitt svært viktige resultater som grunnlag for risikovurderingen.

Arbeidsgruppen har fått tilgang til alle aktuelle grunnundersøkelser, herunder alle sonderboringene knyttet til prosjekteringen av fundamenteringsarbeidene. Grappa har stått for innhenting av data om trykkforholdene og vannkvaliteten i observasjons- og produksjonsbrønnene til Ringnes før og under prøvepelingen og i prøvepumpingsperioden.

Arbeidsgruppa har også fått løpende informasjon om aktuell sider ved prosjekteringen og metoder for gjennomføring av fundamenteringen. Metode og omfang er nå ferdig valgt. Hovedfundamentet er akse 7 som vil fundamenteres på fjell på ca. 70 – 80 m dyp (ca. kote minus 45 – 55). De øvrige fundamentene vil benytte pelere i morenelaget (akse 4, 5 og 6) eller til grunnere fjelldyp akse 1, 2, 3, 8, 9 og 10).

Grappa har gjort tolkning av utførte grunnundersøkelser, utarbeidet en hydrogeologisk modell for akvifersystemet og gjort en vurdering av risiko for påvirkning på Farriskilden.

Foreliggende notat er en gjennomgang av arbeidsprosess, dokumentasjon av utførte undersøkelser med resultater og en endelig risikovurdering.

4 DATAGRUNNLAG

Som grunnlag for risikovurderingen er det benyttet tilgjengelige data som kan si noe om geologi og grunnvannsforholdene i det aktuelle området. Det viktigste datagrunnlaget foruten generelt kartgrunnlag har vært følgende:

- Borprofil og pumperesultater fra brønner i Hammerdalen og ved Farrisfabrikken (Ringnes)
- Grunnboringer, totalsondering og prøvetakingsboring (Rambøll m.fl.)
- Prøvepelingen

- Geofysiske undersøkelser (Geomap, READ)
- Nivåobservasjoner i brønner i Hammerdalen, ved Farrisfabrikken og i Farrisvannet
- Undersøkelsesbrønner for prøvepumping ved akse 7 (SVV)
- Gamle boringer i Larvik byområdet (Kokkersvoll m.fl.)

5 UTFØRTE UNDERSØKELSER MED RESULTATER

I det følgende er det tatt med de viktigste undersøkelsene av hydrogeologiske forhold ved Farrisidet og Hammerdalen som har gitt grunnlag for vurdering som risiko for påvirkning av grunnvannssystemet i Hammerdalen. Geografisk lokalisering av fundamenteringsaksene er vist i figur 2 og 3.

5.1 Totalsonderinger

5.1.1 Totalsonderinger og tidligere undersøkelser i akse 7

Boringene innenfor fundamentet til akse 7 er av særlig interesse da det her skal peles til fjell på stort dyp under laget med overkonsolidert morene.

I forbindelse med fundamenteringen av brua har det blitt utført 29 totalsonderinger rundt og innenfor fundamentet i akse 7, 13 av disse er boret fra flåte. En oversikt er gitt i Figur 5.

Løsmasser

I følge metodekravet og normal prosedyre for totalsonderinger skal bl.a. sonderingen starte som en dreie-trykksondering der slag og spyling ikke benyttes før gjennomtrengingen stopper helt opp. Dreietrykksonderingskravet er den kraft som skal til for å trykke en "streng" med matekraft minimum 3 tonn, ned i grunnen med en konstant hastighet 3 m/min og rotasjon 25 omd./min. I de fleste sonderingene har dette ikke vært mulig på grunn av harde masser i toppen. Disse massene er tolket som tilførte masser / fyllmasser i forbindelse med tidligere aktiviteter med tømmeropplagring og håndtering av tømmer. Bunnoverflaten i vannet er i dette området helt eller delvis dekket av synketømmer (se Farrisidet i Larvik – et veghistorisk knutepunkt, 2006).

For boringene som ble utført fra flåte manglet dette faste topplaget. Laget har generelt liten mektighet, ca. 2 – 3 m. Under topplaget finner vi et løsere lag ned til ca. 10 – 15 m dybde. Dette laget karakteriseres av jevn bortid.



Figur 5: Totalsonderinger ved akse 7. Selve fundamentet er markert med en blå ramme. Ytre ramme er spunt. Antatt fjelldybde er gitt for hver boring.

På de fleste boringene viser kraftkurven (F_{DT}) store variasjoner, typisk for ikke sensitive men fastere masser av leire, silt og sand. To av sonderingene tatt fra flåte i søndre hjørne av fundamentet viser små mektigheter med avtagende og lav motstand noe som kan indikere mer sensitive masser. Dette laget er tolket som postglasiale avsetninger, det kan også inneholde humus, trefils o.l fra tidligere aktiviteter.

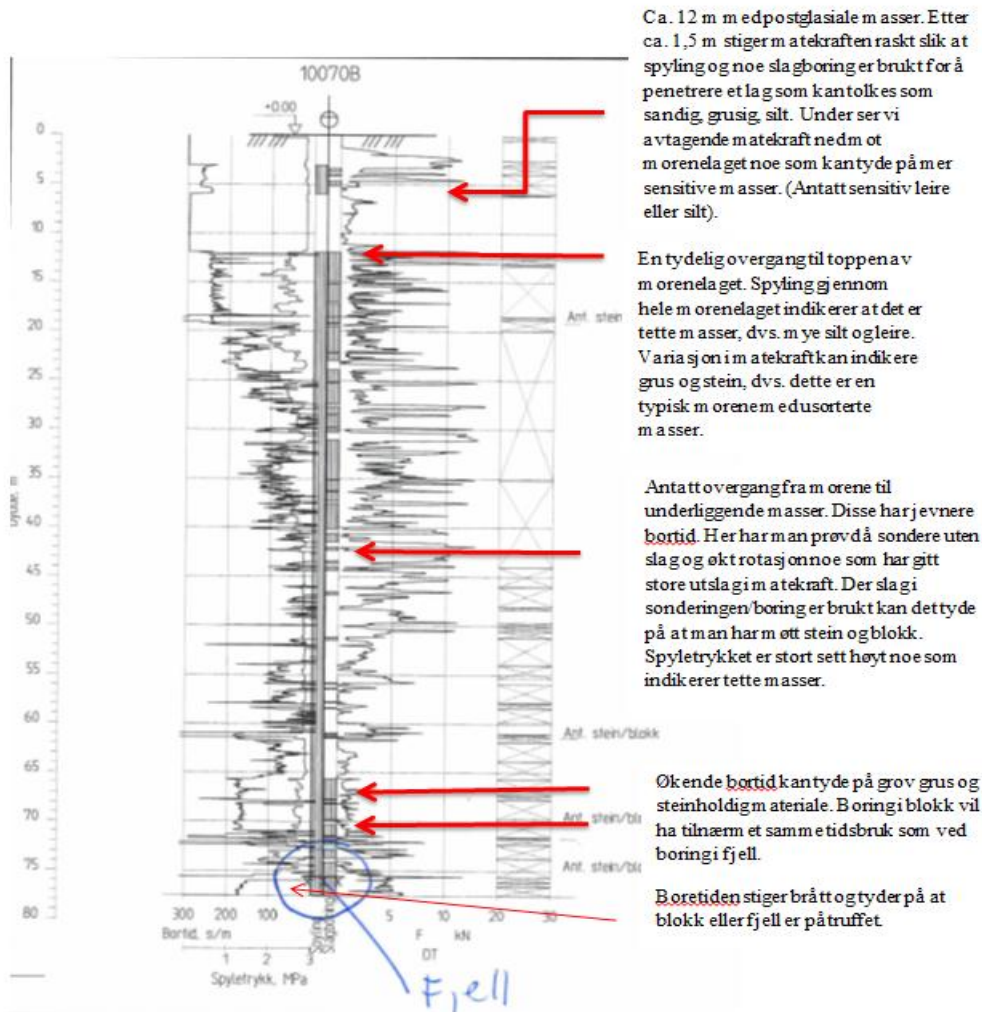
Under de postglasiale massene viser alle boringene en markant overgang til et meget fast lag der slagboring, økt rotasjon og spyling har vært nødvendig for å penetrere laget. Dette laget er tolket som morene og har en mektighet mellom ca. 25 – 40 m. Spesielt for dette laget er mye stein og grus i tillegg til faste finkornete masser. På grunn av overveiende høyt spyletrykk tolkes disse massene som tette.

Fall i spyletrykket kan indikere at borkronen kommer inn i mer åpne lag. Dette observerer vi flere steder i sonderingene, men mektighetene av disse områdene er små og vi har ikke klart å påvise permeable lag. Vi tolker dette som lommer/begrensede områder av mer ensgradert sandig materiale med en høyere permeabilitet enn omkringliggende masser. Disse lommene er vannfylte, men strømmingen er begrenset.

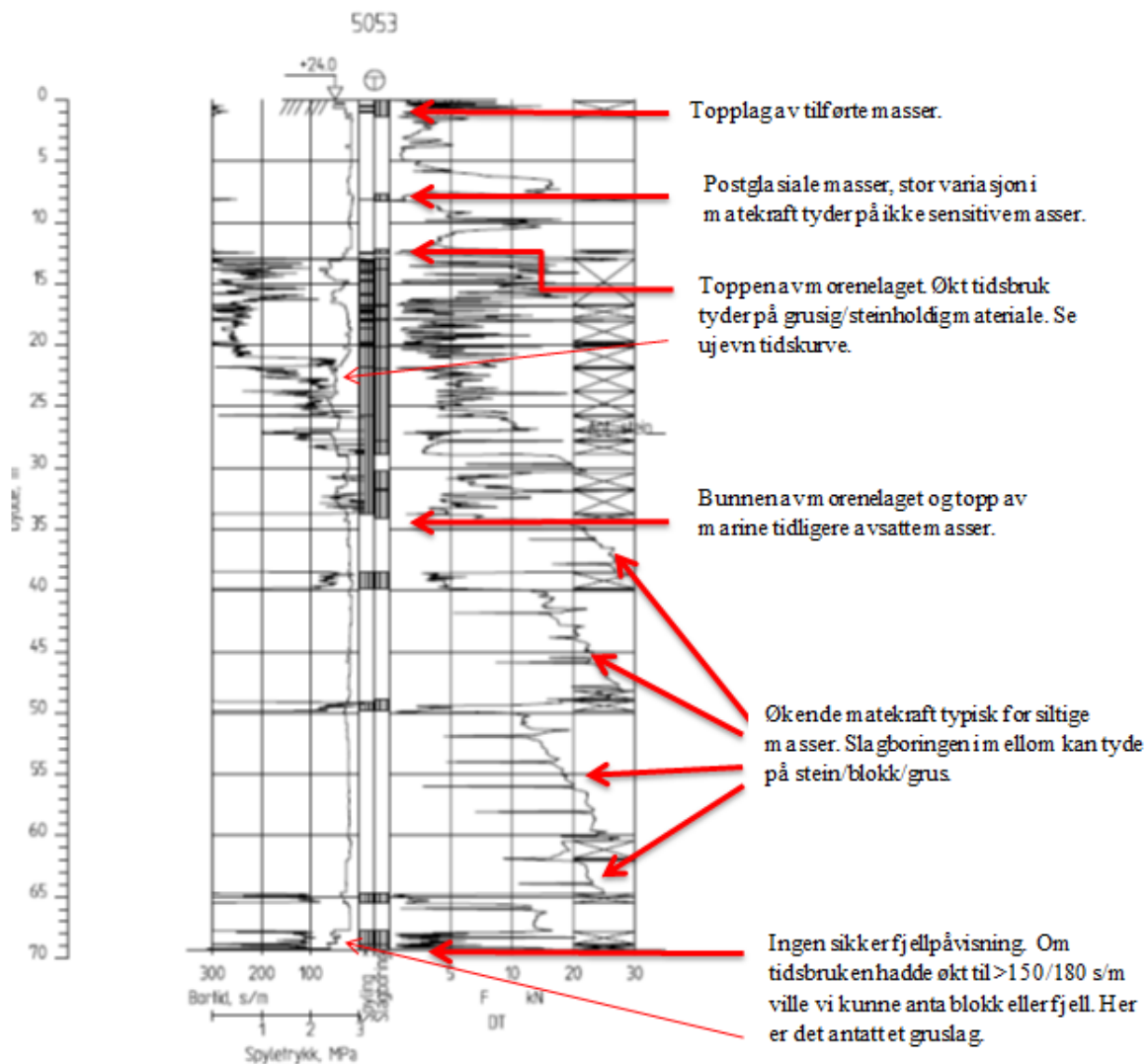
Under morenen kommer et lag man stedvis har klart å penetrere uten slag og spyling, dvs. som en ren dreie-trykksondering. Generelt er det brukt mer spyling enn slagboring, noe som kan tyde på finkornige, tette masser. Bortiden er stort sett konstant og matekraften ligger mellom 10 og 20 kN. Dette laget kan tolkes som leire, silt og finsand. Antagelig er dette

marine masser avsatt før isen trakk seg tilbake og avsatte selve Raet. Massene er trolig påvirket av isens bevegelser, dvs. at lag kan være deformerte og massene kan være innblandet med is-transporterte masser. Flere av boringene har penetrert større stein og blokk på 0,5 – 4 m i dette laget.

I de dypeste boringene kan det se ut som det er et lag med mer grove masser som stein og grus der boringen går ned mot fjell. Laget sees fra rundt ca. 64 – 70 m og går ned til fjelloverflaten. Dette kan være morenemasser fra en tidligere istid. Større stein/blokk rett over fjell er observert flere steder. Dette laget kan være mer permeabelt enn laget over. To eksempler på borprofiler fra området med tolkninger er gitt i Figur 6 og 7.



Figur 6: Sondering nr. 10070B. Tatt fra flåte og ligger i søndre hjørnet av fundamentet. Sonderingen mangler et topplag av tilførte masser.

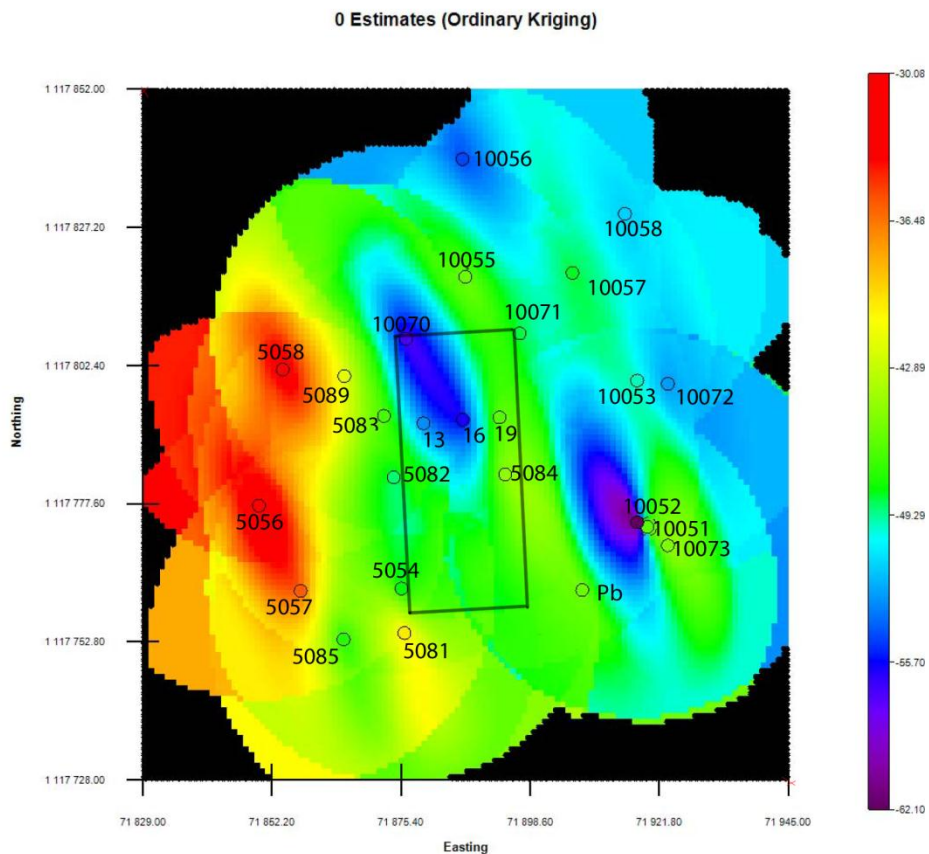


Figur 7: Sondering nr. 5053. Tatt fra land og plassert rett sør for midten av fundamentet

Fjell

For å få en sikker fjellkontroll bør en i disse massene bore minst 4 m ned i antatt fjell, dvs. en meter mer enn det som er normal prosedyre (metodekrav). Av de 29 totalsonderingene er det kun 11 som er boret ca. 3 m ned i antatt fjell, 6 av boringene går 0,5 – 2 m ned i antatt fjell. I 8 av boringene er fjell markert, men det har vært ingen eller marginal boring i fjell. 4 av boringene er avsluttet uten å nå fjell.

Påtruffet fjell er mest usikkert i de grunneste boringene. Det er derfor nærliggende å anta at disse har stoppet i blokk eller et mer grusholdig lag som kan være morene fra en tidligere istid. Et kart over sannsynlig fjelltopografi basert på sonderingene og programmet Sada er gitt i Figur 8. Prosjektet har vurdert usikkerheten til fjelloverflaten som uakseptabel. Det er derfor satt i gang et program med nye totalsonderinger. Disse sonderingene er ikke vurdert i dette notatet.



Figur 8: Fjelltopografi (dyp under terreng) ved akse 7 basert på boringer og statistikk programmet Sada. (Eigil Haugen, SVV)

5.1.2 Konklusjon for akse 7

Fra totalsonderingene ved akse 7 kan vi skille ut 5 ulike lag / avsetninger:

1. Et øvre topplag, sees kun i boringene fra land, antatt div. fyllmasser.
2. Et postglasialt lag, generelt lite sensitivt, antatt leire og silt
3. Morene, typisk usorterte masser, laget er antatt tett.
4. Marine masser avsatt før siste istid, antatt hovedsakelig leire og silt, men kan være iblandet med morenemasser på grunn av isens bevegelser.
5. Over fjell kan de se ut som det er et lag med mer grove masser. Dette kan være morene fra en tidligere istid.

Det er stor variasjon i sonderingene. Generelt ser vi at de ulike lagene er enklere å tolke ut fra sonderingene tatt fra land enn fra flåte. Fjelloverflaten faller av ut mot vannet, men det er også mye topografi innenfor fundamentområdet. Dette blir nå kartlagt gjennom en ny runde med totalsonderinger i tillegg til at seismikk vurderes.

På bakgrunn av totalsonderingene har vi ikke klart å påvise typiske akvifer-lag. De grove massene som er lokalisert rett over fjell antas å være mest vannførende.

5.1.3 Totalsonderinger og tidligere undersøkelser i akse 4, 5 og 6

På grunn av store fjelldyp i disse aksene skal brua fundamenteres i løsmasser. Ingen av totalsonderingene i dette området har registrert fjell. I tillegg til totalsonderinger er det tatt ut en prøveserie ned til 50 m mellom akse 5 og 6. Denne har blitt benyttet til å tolke totalsonderingene. Det har også blitt gjennomført prøvepeling og seismikk i forbindelse med denne. Sistnevnte indikerer fjell på ca. 130 m dybde.

Akse 4

Det er utført 9 totalsonderinger i og rundt fundamentet, 3 av disse innenfor selve fundamentet. Sonderingene viser 4 ulike lag. Øverst finner vi et lag av typiske fyllmasser. Mektigheten av dette laget ser ut til å øke på i retning ut mot strandlinjen. Innenfor fundamentet er laget ca. 2 – 3 m tykt inn mot dagens veg, og 6 – 7 m tykt nærmest vannet. Under topplaget finner vi et lag av postglasiale masser. Tykkelsen på dette laget varierer noe. Jevn bortid og stort sett økende matekraft indikerer siltige, ikke sensitive masser. Under dette laget ser vi, i likhet med akse 7 en markant overgang til morenemasser. Sonderingene indikerer tette masser samt mye stein og grus. Det er tydelig at massene er vanskelig å sondere, noe som er typisk for bunnmorener og støtsiden av en morenerygg. Underkanten av morenen kommer ikke like enkelt frem her som i akse 7. Det kan se ut som mektigheten av morenen ligger mellom 35 – 55 m. Laget under kan stedvis sonderes uten bruk av slag. Spyling og utslagene i kraftkurven indikerer tette masser av silt, finsand og leire. Flere av sonderingene går ned til rundt 80 m uten å treffe en underliggende morene eller fjell. Det er lite sannsynlig å finne vannførende lag i disse massene.

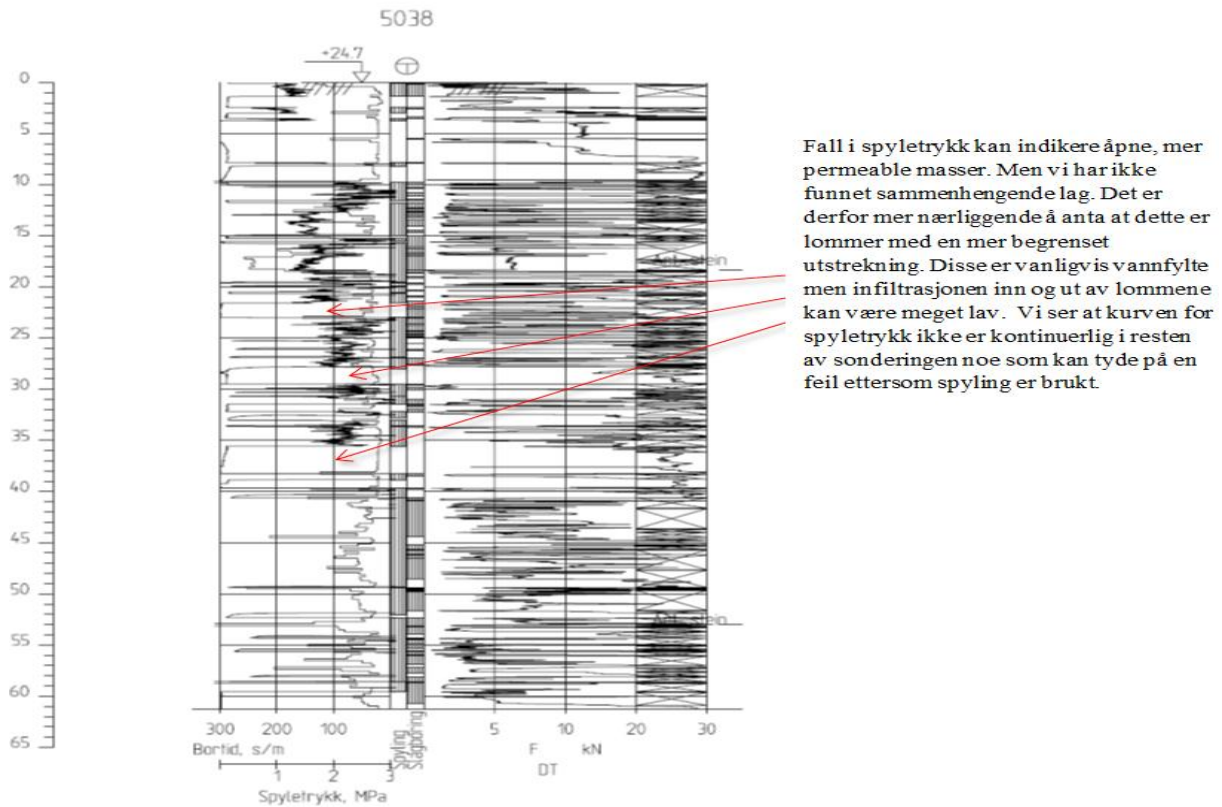
Akse 5

Det er utført 10 totalsonderinger, 7 av disse innenfor fundamentet. Tolkningen av massene i akse 5 stemmer godt med tolkningen i akse 4. Vi finner de samme lagene og trendene. Et underliggende morenelag og fjell er ikke registrert. Innimellom ser vi lag med markante fall i spyletrykket noe som kan indikere åpnere masser for eksempel sand og grus, se figur 9.

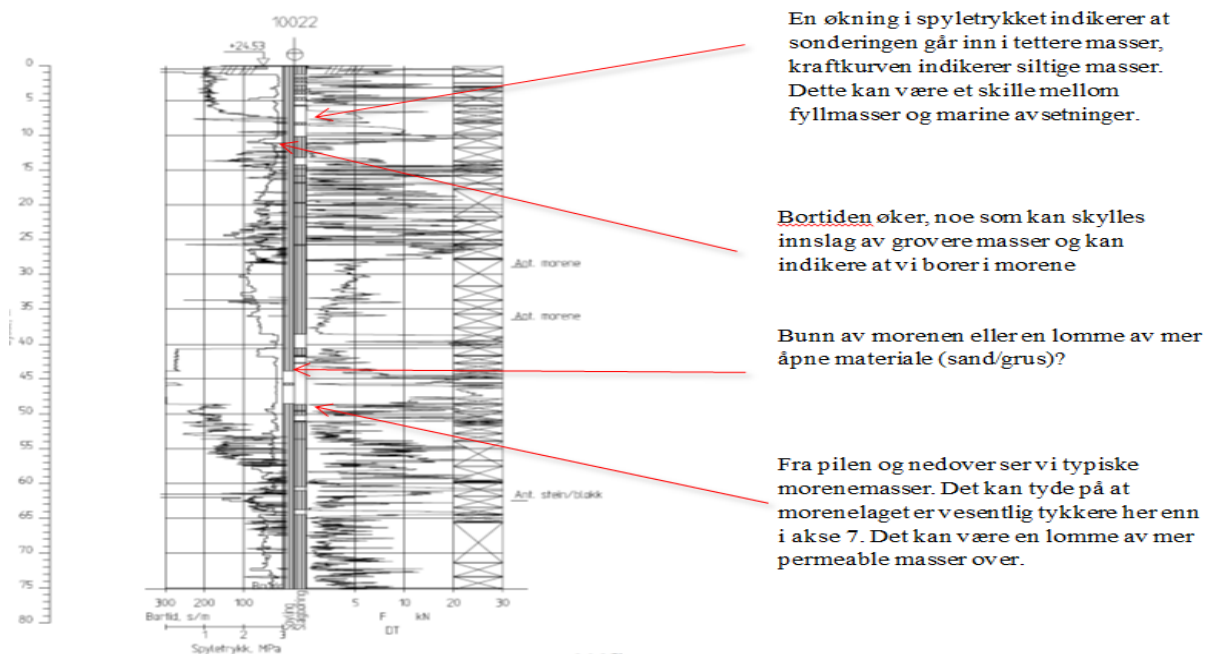
Akse 6

Fundamentet i akse 6 er plassert delvis ut i Farrisvannet. Av de ti totalsonderingene som er utført i området er kun 3 innenfor fundamentet. Det er ikke utført sonderinger i vann. For noen av sonderingene kan det være vanskelig å skille ut de ulike avsetningene, se figur 10.

Generelt ser det ut som at vi har vesentlig tykkere morenelag her enn i akse 7. På grunn av at massene er avsatt på støtsiden av isbreen er de herjet med av isen slik at det er en sammenblanding, «Bulldozer -effekten».



Figur 9: Sondering nr. 5038 som ligger innenfor fundamentet i akse 5.



Figur 10: Sondering tatt i søndre hjørne av fundamentet på land. En illustrasjon på utfordringen med å skille ut lag/avsetninger. Vi ser også at man under boringen har hatt problemer med registrering av spyletrykket.

5.1.4 Konklusjon for akse 4, 5 og 6

Generelt kan vi se tre lag, et øvre topplag av fyllmasser, deretter postglasiale marine siltige masser over et morene lag. Det ser ut som at morenelaget er vesentlig tykkere her enn i akse 7. Massene er overveiende tette. Sammenstillingen i Figur 11 indikerer at vi ikke finner typiske vannførende lag, men at det finnes lommer med ensgradert sand. Borlogg fra Sør-Norsk brønnboring indikerer at det er vann i disse lommene. Lommer av grus og sand kan være avsatt fra smeltevannselver i perioder der brefronten lå stille.

Vi har ikke funnet permeable lag som kan påvirke Farrisakviferen i massene under disse aksene.

Vi vil også understreke at totalsonderingene har pågått i flere omganger over flere år, der det har blitt benyttet ulike rigger med ulike effektnivåer og mannskap. Dette påvirker resultatene og vanskeligjør tolkningen.

Aakse 4 forboring			Prøve i akse 6		
Dybde	Kote	Beskrivelse	Dybde (ned til)	Kote	Beskrivelse
1			0 - 1	24	Siltig leire
2	24 - 21	Steinfylling		23	Siltig sandig leirig materiale
3	21 - 17	Tomrom/luft		22	Sandig grus og litt leire/silt
4		Grusholding, fuktig leire		21	Sandig grusig siltig materiale
5				20	Humus (trefliser), grus, sand, noe silt og leire
6				19	Sandig siltig leirig materiale
7		Ren fast leire		18	Sand, grus, noe silt og leire
8				17	Sand grus, små stein, mer finstoff (silt og leire)
9				16	Sandig siltig grusig leirig materiale
10				15	Sandig grus med små stein, litt silt og leire
11				14	Grov sand, noe grus
12		Sandholdig fast leire		13	Sandig grusig materiale
13				12	Sand, grus, noe stien, silt og leire
14		Hard, grov morene		11	Hard prøve, sandig stiltig leirig materiale
15				10	Hard prøve, morene leire, en stor stein på 40 mm
16,5		Grusholdig, fast leire		9	Meget hard prøve, Siltig sandig leire
17				8	Siltig sand
18				7	Grov sand, noe grus og stein
19		Grusholdig, middels fast leire		6	Siltig sand, noe små steiner
20				5	Sand
21				4	Ensgadert grov sand
22		Grusholdig våt leire		3	Hard prøve siltig sandig leire
23				2	Sand
24				1	Grov sand og fin grus med litt silt
25		Tørr, finere grus		0	Sandig grusig siltig leirig materiale
26				-1	Grusig sandig siltig leire med noe stein
27				-2	Siltig sand
28		Grov grus, litt vann		-3	Hard moreneleire
29				-4	Meget hard prøve, morene leire
30				-5	Sandig siltig leirig materiale
				-6	Hard moreneleire
				-7	Hard moreneleire
				-8	Hard moreneleire
				-9	Hard moreneleire
				-10	Hard moreneleire
				-11	Grusig sandig siltig materiale
				-12	Hard moreneleire
				-13	Siltig sandig leire med en stein, Larvikitt.

Figur 11: Data fra prøvetaking mellom akse 5 og 6, og beskrivelse gitt fra Sør-Norsk brønnboring som utførte en forboring for ramming i akse 4. Oppstillingen indikerer at vi finner mye av de samme massene, men at vi ikke ser typiske lag. Den blå skriften indikerer at det har blitt utført en kornfordeling.

5.2 Prøveramming

For hovedfundamentet i akse 7 skal pelene ned til fjell som er registret på ca. 70 – 80 m dybde og dypere. Pelene i akse 4, 5 og 6 er prosjektert med en lengde på 40 m og blir stående i løsmasser. Pelene i de øvrige aksene skal settes til fjell på grunnere dyp. For å få kartlagt rambarheten til massene ble det planlagt å ramme ned tre peler, en pel i akse 1, en i akse 6 og en i akse 8. Dette ble senere endret til akse 4, 6 og 8.

Arbeidsgruppen ønsket å utnytte prøverammingen til å få mest mulig kunnskap om løsmassene i området og finne fjelloverflaten der denne ikke er kartlagt. Vi ønsket også å se om det er mulig å utnytte støyen fra rammingen til å gjøre seismiske målinger. Plan for prøvepeling ble vurdert og akseptert som metode med akseptabel lav risiko for Farriskilden.

Harde masser i undergrunnen medførte at det ikke var mulig å få pelene lengre ned enn 12 – 15 m. For hver pel er utført PDA-målinger i tillegg til full peleprotokoll i henhold til Prosesskoden kap. 2. Under ramming er det benyttet et 12 tonn tungt lodd og en fallhøyde på 1,0 – 1,2 m.

Farrisfabrikken har flere brønner i Hammerdalen. I utvalgte brønner ble det våren 2012 installert nivåfølere for observasjon av eventuelle endringer under prøvepelingen. Den nærmeste brønnen (TF 1) ligger ca. 200 m sør for Farriseidet. Prøvepelingen ga ingen påvirkning av grunnvannsnivå ved registreringene i brønnen.

Opprinnelig var det prosjektert 120 stålkjerne peler til fjell i akse 7 og 40 m stålrørpeler (friksjonspeler) i akse 4-6. Prøvepelingen viste at stålrørspelene først og fremst står på spissen, (spissbæring). Derfor er det nå valgt en løsning med vesentlig kortere peler der en utnytter spissbæringen. Pelene har antatt ca. 80 % bæring på fjell (om ikke mer). I akse 7 ble det omprosjektert til 14 borede Ø2000 peler.

5.3 Geofysiske undersøkelser

Det ble våren 2012 gjennomført forsøk med bruk av ramming av peler som energikilde for seismiske målinger. Firmaet READ utarbeidet forslag til hvordan undersøkelsene skulle gjennomføres og tolket resultatene. De utarbeidet en sluttrapport «Impact-Driven Pile as a Seismic Source. Test Survey with comparison to the conventionall seismic» datert juni 2012. I tillegg til at det ble gjort målinger knyttet til energien fra pelearbeidene ble det også gjennomført seismiske målinger knyttet til sprenging av små ladninger ca. 1 m under markoverflaten.

Prøvepelingen som skulle brukes som energikilde for de seismiske målingene ble mindre omfattende enn det planlagt. Dette skyldes at prøvepelingen måtte avbrytes før den nådde en planlagt dybde på ca. 40 m. Blokker og harde masser i undergrunnen medførte at det ikke var mulig å få pelene lengre ned enn 12 – 15 m. Dette gjorde at man ikke fikk energien fra pelen (pelespissen) nærme nok de lagene man var interessert i å kartlegge. Dette gjorde at vi ikke oppnådde den ønskede nøyaktigheten hverken på signalene eller tolkningen av signalene fra pelearbeidene.

Undersøkelsene, utført av READ omfattet delvis nye metoder knyttet til pelerammingen som energikilde (refleksjons- og refraksjons-seismikk). Undersøkelsen ga interessante, men begrensede resultater, bla. pga. at pelingen ikke lot seg gjennomføre som planlagt.

Undersøkelsene ble konsentrert om et profil langs vegaksen ut fra fundament 6 og ca. 50 m til hver side fra akse 6.

Undersøkelsene ga følgende ny informasjon relevant for risikovurderingen:

- Pelerammingen gav kompresjonsbølger (P-bølger) som ble reflektert berggrunnen. Vi ser en tydelig reflektor fra ca. 125 til 135 meters dyp som sannsynligvis er berggrunn (jfr. figur 20 i READS rapport).
- Steinblokker med diameter på 5-7 m kan ses som diffraksjonshyperbler i seismogrammet.
- En reflektor på ca. 90 til 100 meters (figur 20 i READS rapport) viser tegn på glacial deformasjon av løsmassene. Deformasjonen reduserer sannsynligheten for sammenhengende vannførende lag over deformasjonsgrensen. Derved øker sannsynligheten for at det finnes sammenhengende lag med høyere permeabilitet under ca. 100 m dyp.

Undersøkelsen bekreftet følgende:

- Lagpakka ved Farriseidet består av fyllmasser over bløtere marine sedimentene (kvartære marine lære). Som langs det seismiske profilet faller fra ca. 3m i nord øst til ca. 10 m i sør vest.
- Under det bløtere laget er det et overkonsolidert morene lag. Bunnen av dette laget er på ca. 35 m. Dette er både en verifisering men også ny informasjon fordi det omfatter hele profillengden
- Under overkonsolidert morene ser det ut til å være mer lagdelte sedimenter.
- Løsmassene ved Farriseidet ligger i en dyp kløft (smeltevannsløp?) i berggrunnen. Sedimenter har varierende tetthet og seismiske hastigheter og sannsynligvis ulike hydrogeologiske egenskaper.

Hvorfor vet vi ikke mer:

- Pelerammingen ble avbrutt på ca. 15 m dyp ikke 40 m som forutsatt.
- Overflateseismikken ble ikke forlenget til et område der sonderboringer verifiserte fjelldypet. Dette er årsaken til at laggrensen fra 125 til 135 m ikke kan tolkes som en absolutt sikker berggrunnsreflektor.
- Reflekterte P-bølger fra peleseismikken ble registrert i tidsdyp. Konvertering til reelt dyp forutsetter flere pelepunkter på overflaten for å bestemme P-bølgehastigheten, noe som ikke var mulig pga. færre peler enn planlagt.

Undersøkelsen ga imidlertid verdifull kunnskap om metoden som er viktig ved framtidige prosjekter:

- P-bølger fra peleramming er egnet som energikilde til geofysiske undersøkelser. Anslått oppløsning fra disse bølgeene er ca. 7 m (bølgelengde ca. 15 m).
- S-bølger fra overflateseismikk med dynamitt som seismisk kilde, gav bedre signaler enn P-bølger. Vertikal oppløsning på S-bølgeene ble anslått til fra 7 til 10 m. Tilsvarende oppløsning fra P-bølger med nedgravd dynamitt som kilde, gav vertikal oppløsning på ca. 30 m.

5.4 Prøvepumping og grunnvannsovervåkning

På grunnlag av prosjektert løsning for fundamentering anses i utgangspunktet den største risikoen for grunnvannssystemet og Farrisakviferen å være knyttet til de dype fundamenteringsarbeidene under morenelaget i akse 7. Det er tidligere påvist trykkmessig kommunikasjon i grunnvannsmagasinet over store avstander. Det er indikasjoner på at vannførende lag ligger på eller like over berggrunn i Hammerdalen.

5.4.1 Prøvebrønn 1

Som grunnlag for vurdering av risiko for Farrisakviferen, ble det boret en brønn til fjell i punkt 1 (PB1, fig 12). Foringsrøret ble boret til 74,4 m dyp med antatt fjell fra 70 m dyp.

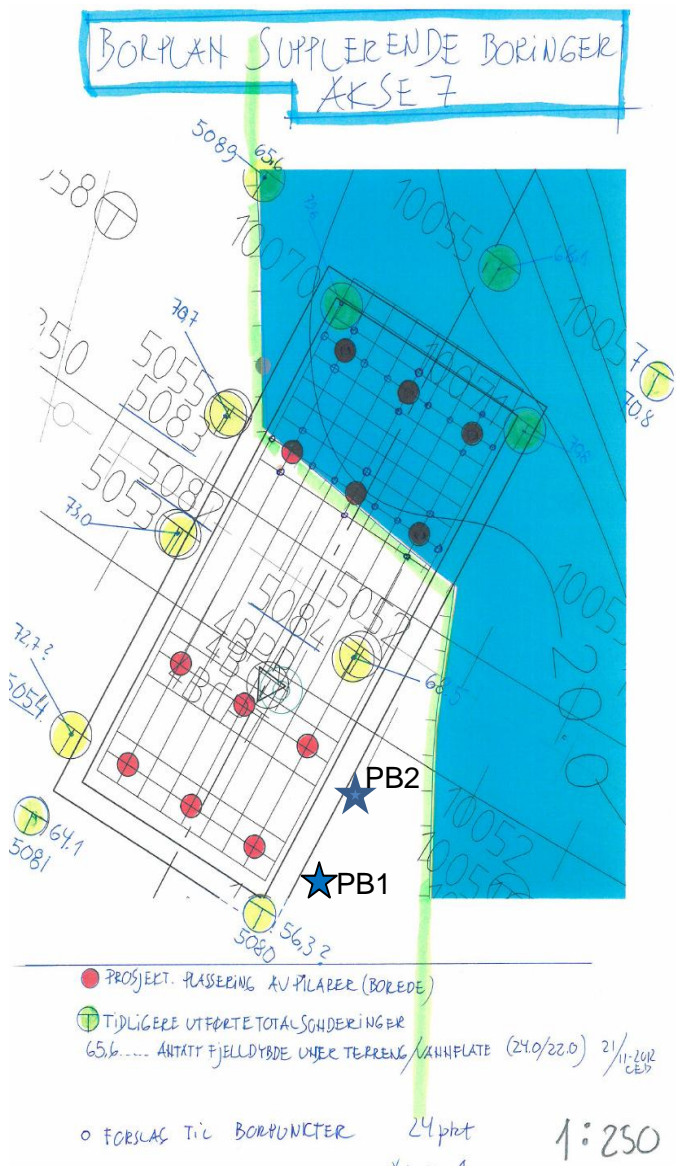
På grunnlag av borloggen ble det prosjektert og satt ned stigerør med filter (rustfritt, Ø219 mm, slisseåpning 0,7 mm) i to nivåer, 55,5 - 61,5 m dyp og 65 – 71 m der det så ut til å være vannmengder av interesse (> 1000 l/t) og mulighet for prøvepumping. Det ble tatt masseprøvene til våtsikting som grunnlag for gruskastet i begge filternivåer (filtersand med kornstørrelse 1,5-2,4 mm). De største vannmengdene var på det dypeste filternivået. Det ble lagt opp til separat pumping med en packer-løsning med pompe- og vannstandsmåling i 2 nivåer.

Ved opptrekking av foringsrøret, ble stigerør/filter (brønnrøret) med opp og brønntiltrene ble stående i feil nivå. Det ble da besluttet å trekke brønnrøret opp til et nivå slik at nedre filter dekket det øvre intervallet med antatt interessant vannføring i massene (55,5 - 61,5 m dyp). Brønnen som den ble, er ikke ideell da filteret også omfatter lag som ikke ga vann ved nedsetting av foringsrøret, dvs. lag med svært mye finstoff. Det er heller ikke gruskasting på utsiden av filteret som planlagt.

Prøvepumpingen viste at brønnen ga svært lite vann, 12 l/min fra hele filterintervallet ved 10 m avsenkning og inntil 15 l/min (0,9 m³/time) ved 30 m avsenkning. Erfaring med prøvepumping i TF 1 har vist at vi må kunne ta ut minst 5 m³/time for å kunne avdekke eventuell hydraulisk kommunikasjon med brønnene i Hammerdalen.

PB1 ga svært lite vann og er uegnet for testing av Farrisakviferen. Boringen viste at det ikke er lag i avsetningen over 65 m dyp med vannføring som er av betydning for Farrisakviferen. I brønnområdet er det kun i overgangen løsmasser/fjell (65- 71 m dyp) det kan være vannførende lag som kan prøvepumpes og som kan stå i forbindelse med Farrisakviferen. Vannførende lag i overgangen mot fjell har artesiske trykk, men lenger opp i avsetningen er trykknivået lavere. Det kan indikere oppadgående strømning i avsetningen (men svært liten strømning!)

Uhellet under etablering av brønnen førte til at det ikke ble mulig å undersøke ved prøvepumping hvorvidt det er en hydraulisk forbindelse mellom det artesiske og vannførende laget over fjell (og i øvre del av fjell) på 65 – 71 m dyp og Farrisakviferen. Det ble derfor besluttet å etablere en erstatningsbrønn for prøvebrønn 1.



Figur 12: Lokalisering av prøvebrønnene 1 og 2 ved akse 7

5.4.2 Prøvebrønn 2

Boringen av PB2 akse 7 Farriseidet (fig 12) ble gjennomført 13 – 14.12.2012. På grunnlag av borprofilen ble det etablert brønn med sump/filter, gruskasting og stigerør. Det benyttet Conslotfilter med slisseåpning 0,7 mm. Brønnen er utformet som følger (dyp under terreng):

Stigerør: 0 – 69 m

Filter: 69 – 73 m

Sumprør: 73 – 76 m

Gruskasting (filtersand): 68 – 74 m

Profilen ved nedsetting av foringsrør så grovt sett slik ut:

<u>Dyp</u>	<u>Masser</u>
0-0,5	Grus
0,5-12	Jord/ Leire/ Løs morene
12-13	Stein
13-17	Ekstremt hard morene
17-20	Løse morene med innslag av leire
20-40	Morene med mye stein
40-51	Veldig løs morene med stein og leire.
51-57	Som over men med betydelig vanninnslag
57-64,5	Løs morene med stein og avtagende vanninnslag.
64,5-68,5	Tørr og tett morene.
68,5-71	Grus/ singel uten finstoff stort vanninnslag.
71-72,5	Rødt fjell med stort vanninnslag. Ensartet «sandkornaktig» kaks.
72,5-78	Rødt/hvitt fjell med moderat vanninnslag.

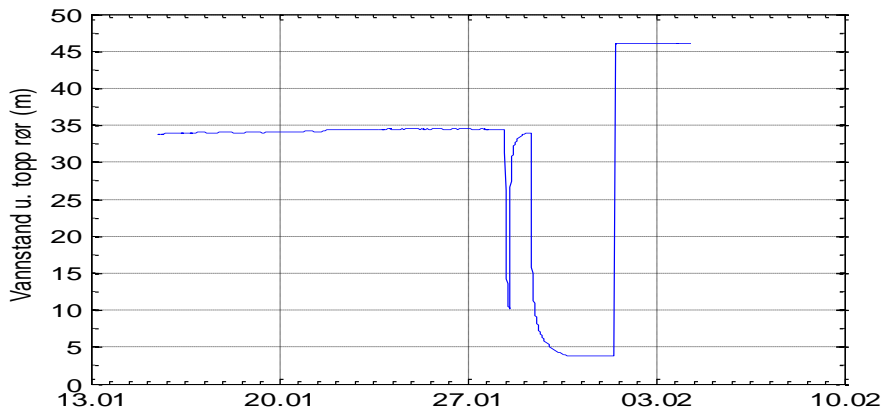
Det ble gjennomført en pumpetest av PB2. Nivåobservasjoner i PB2 gir grunnlag for bestemmelse av akviferparametre for bruk i en hydrogeologisk modell for grunnvannsmagasinet.

Resultater fra pumpetesten

Pumpetesten ble gjennomført fra 09.01. til 28.01 2013 kl 09:31. I denne perioden ble det pumpet 45 liter vann pr. minutt dvs. med totalt uttak ca. 1300 m³.

Pumpen var avslått til kl. 13:13, og startet på nytt for å måle initiell senkningen av grunnvannsspeilet. Pumperaten i andre pumpeperiode var 46 liter pr. minutt. Loggeren i B2 registrerte grunnvannsnivået i B2 i perioden 15.1 kl 11:15 til 1.2 kl 11:40 (figur 13).

Det var ingen endringer i produksjonsraten (8200 liter/time +/- 200 l/t) fra Farrisakviferen under pumpeforsøket. Det ble installerte temperatur og nivålogger i flere brønner i Farrisakviferen tirsdag 02.10.2012. (TF1: fra topp av rør til vannspeil 16,76 m. kl.14.50; TF2 fra topp av rør til vannspeil 1,09 m. Kl.15.05; TF9: fra topp av rør til vannspeil 1,95 m. kl.15.15). Observasjoner i brønner i Hammerdalen (TF1, TF2, TF9) og i Farriskildene viste ingen reaksjon på det betydelige vannuttaket ved prøvepumpingen.



Figur 13: Vannstand i meter under topp brønnrør, PB 2.

Pumpe testen ble analysert med fire ulike metoder:

- 1) Theis' typekurve metode (Kruseman and de Ridder, 1992).
- 2) Baker's strømningsmodell (Marechal et al, 2008).
- 3) Warren-Root's metode (Kruseman and de Ridder, 1992).
- 4) Cooper and Jacob's (1946) metode (Kruseman and de Ridder, 1992).

Resultatene gir en transmissivitet på 11.1 m²/dag for Theis' metode, 0.33 m²/dag for Baker's metode og 31.5 m²/dag for Cooper and Jacob's (1946) metode. (Transmissivitet T, er hydraulisk ledningsevne k, multiplisert med mektigheten H, på det vannførende laget: T=kH).

Pumpedataene tilfredsstilte ikke forutsetningene til Warren-Root's metode og disse estimatene kan derfor ikke benyttes. Resultatene fra Theis' metode og Cooper and Jacob's (1946) metode ansees som mest pålitelige.

Starten på pumpeforsøket ble ikke logget, og storativiteten (S) til den geologiske formasjonen som brønnen produserer vann fra, kan derfor ikke beregnes. Storativiteten til en lukket akvifer er uansett svært liten ($10^{-5} < S < 10^{-3}$).

Med den lange pumpeperioden i dette forsøket, kan vi anta at senkningen i grunnvannstanden er tilnærmet stasjonær, dvs. at vannivået endres svært lite med fortsatt pumping (fig.1). Med stasjonær pumping, kan vi beregne hvor stor senkningen vil være dersom det er en sammenhengende akvifer. Likningen for stasjonær pumping er:

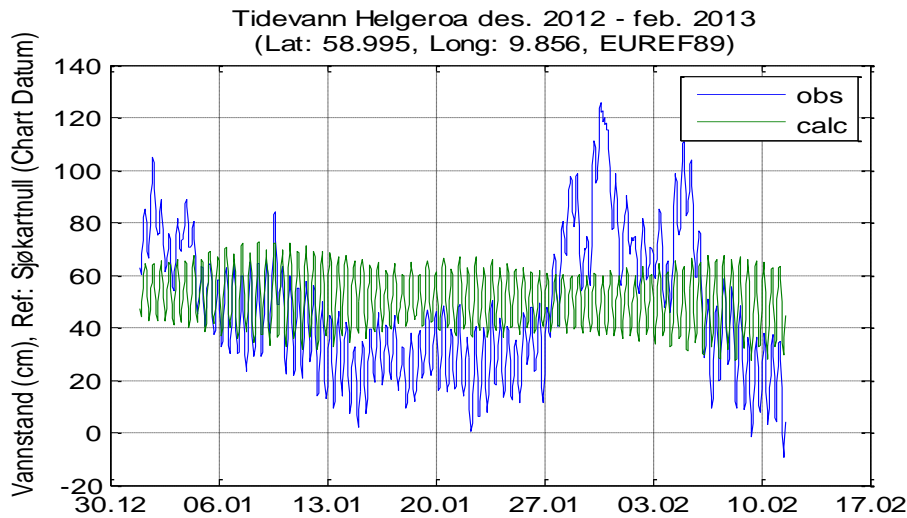
$$(1) \quad \Phi = Q/2\pi \ln(r/R) + \Phi_0,$$

hvor $\Phi = T\phi$, Q er pumperaten (45 liter/minutt), r er radiell avstand fra pumpebrønnen, R er avstand hvor det ikke registreres noen senkning (R=3000 m, i dette tilfellet), $\Phi_0 = T\phi_0$, og ϕ er grunnvannsnivået i akviferen. $\phi - \phi_0$ er grunnvannssenkingen. Nærmeste brønn med dokumentert kommunikasjon til Farrisakviferen ligger ca. 300 m fra B2, dvs. hvis vi lar r=300 m, kan vi beregne hvor stor senkningen må være i dette punktet dersom det er direkte kommunikasjon mellom pumpebrønnen (B2) og observasjonsbrønnen. Med de beregnede verdier for T, skulle senkningen i nærmeste observasjonsbrønn være 1 - 2 meter.

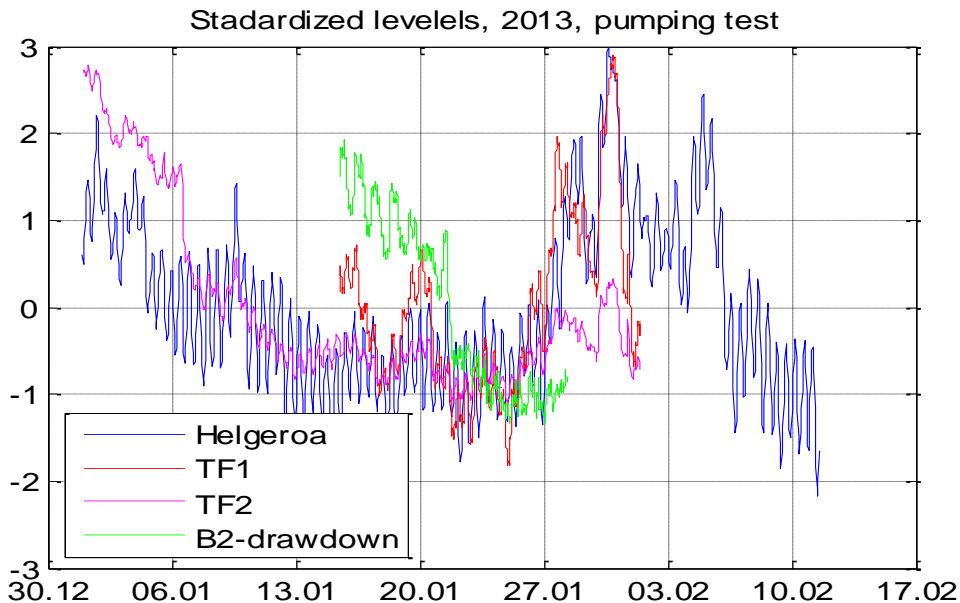
Slik senkning ble ikke observert, og vi kan derfor fastslå at det ikke er noen direkte kommunikasjon mellom B2 og Farrisakviferen.

Resultater fra korrelasjonsanalysen

Vannstanden i Larviksfjorden ved Helgeroa under pumpeperioden er vist på figur 14. Blå kurve viser observert vannstand, og grønn kurve beregnet som følge av tidevannskreftene.



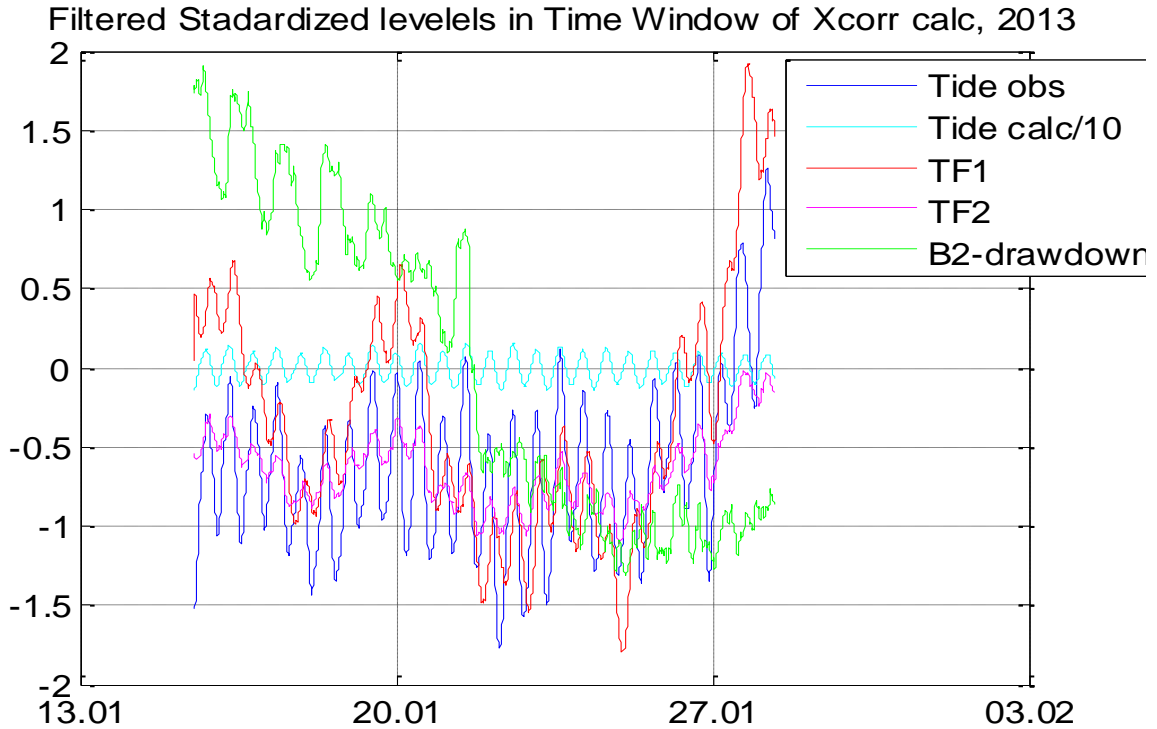
Figur 14: Vannstand for Helgeroa (blå kurve) og beregnet effekt fra tidevannskreftene (grønn kurve).



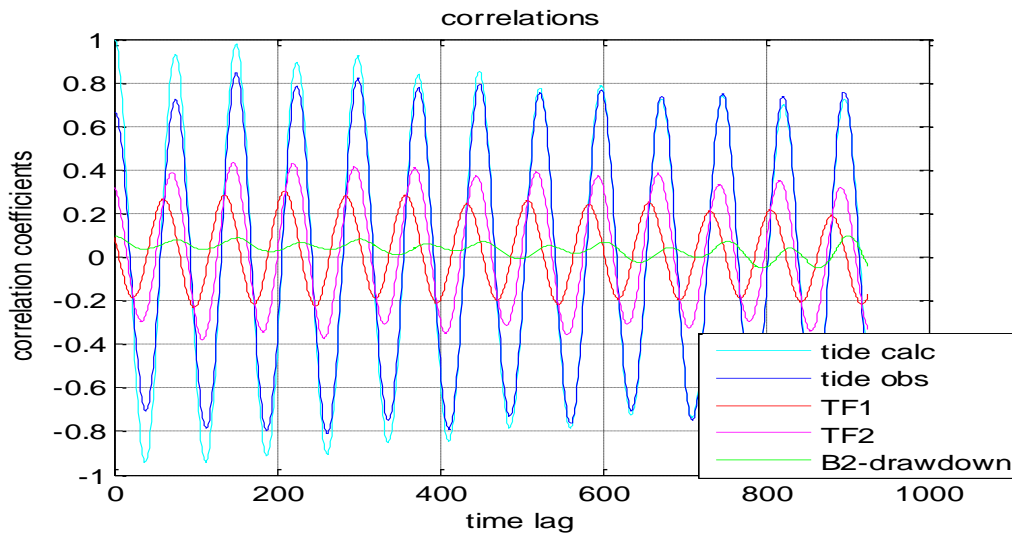
Figur 15: Standard normaliserte vannstandsnivåer i Larviksfjorden og i Farrisakviferen.

Plottes standard normaliserte grunnvannsnivåer i akviferen sammen med vannstanden i Larviksfjorden, ser vi at Farrisakviferen er tidevannspåvirket (fig. 15).

Fra 27.01.2013 øker vannstanden i Larviksfjorden. Dette har effekt i observasjonsbrønnene (TF1 og TF2). Senkningen i B2 blir også påvirket av dette, men i langt mindre grad enn TF1 og TF2 (fig. 16).



Figur 16: Tidsserien for vannstand i Larviksfjorden (blå kurve), tidevannet (cyan), TF1 (rød), TF2 (magenta) og vannstanden i B2 (grønn) under pumpeforsøket. Disse tidsseriene ble krysskorrelert med hverandre (fig. 5 og 6).



Figur 17: Autokorrelasjon til beregnet tidevannsnivå, og krysskorrelasjoner mellom beregnet tidevannsnivå og observerte vannstander.

Krysskorrelasjon mellom tidevannet og nivået i brønnene viser at alle brønnene er tidevannspåvirket (fig 17). I TF1 og TF2 er tidsforsinkelsen om lag et døgn, mens for B2 er tidsforsinkelsen mer enn et døgn. Korrelasjonskoeffisientene mellom tidevannet og TF2 er om lag 40%, TF1 ca. 20%, mens for B2 er korrelasjonen ca. 10%.

Vannanalyser

En vannprøve tatt midt i pumpestesen (16.01.2013) vist at vannkvaliteten er en helt annen enn i grunnvannssystemet i Hammerdalen

Tabell 1: Vannanalyse PB 2 16.01.2013

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2013-01160165	Prøvetakingsdato:	15.01.2013			
Prøvetype:	Drikkevann	Prøvetaker:	Per Kraft			
Prøvemerking:	B2, akse 6 15/1	Analysestartdato:	16.01.2013			
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:	Grenseverdi
Aluminium (Al)	57	µg/l	15%	NS EN ISO 11885	5	
Jern (Fe)	87	µg/l	40%	NS EN ISO 11885	10	
Kalsium (Ca)	36	mg/l	10%	NS EN ISO 11885	0.01	
Magnesium (Mg)	6.4	mg/l	15%	NS EN ISO 11885	0.01	
Mangan (Mn)	53	µg/l	10%	NS EN ISO 11885	1	
Natrium (Na)	30	mg/l	15%	NS EN ISO 11885	0.02	
pH	8.3			ISO 10523:2008	1	
Konduktivitet/ledningsevne	38.1	mS/m	10%	NS ISO 7888	0.1	
Alkalitet til pH 4,5	3.0	mmol/l	15%	NS EN ISO 9963-1	0.03	
Fluorid (F)	0.86	mg/l	15%	EPA Method 340.3	0.05	
Klorid (Cl)	19	mg/l	10%	EPA Method 325.2	0.1	
Sulfat (SO ₄)	22	mg/l	10%	EPA Method 375.4	0.25	
Total organisk karbon (TOC/NPOC)	0.56	mg/l	40%	NS EN 1484	0.3	

5.4.3 Konklusjon fra pumpestest

Pumpestesen viser at det er permeable geologiske enheter i overgangen mellom fast fjell og løsmasser der borebrønn PB2 er lokalisert. Transmissiviteten i disse massene er anslått til 10-30 m²/dag. Det ble ikke registrert noen senkning i observasjonsbrønnene TF1 og TF2 som følge av pumpingen. Det samme gjelder Farriskildene. Disse analysene bekrefter at det er en permeabilitetsbarriere mellom brønn B2 og de vannførende lagene som utgjør Farrisakviferen.

Krysskorrelasjoner mellom tidevannsnivå og grunnvannstand viser at grunnvannet i de vannførende lagene der B2 er lokalisert, er tidevannspåvirket. De lave korrelasjonskoeffisientene og den betydelige tidsforsinkelsen viser at det er permeabilitetsbarrierer mellom B2 og brønnene som er lokalisert i Farrisakviferen.

Pumpestesen som er gjennomført og krysskorrelasjonene mellom B2 og tidevannet tyder på at risikoen for at Farrisakviferen kan bli påvirket av brukonstruksjonene ved Farriseidet i praksis er neglisjerbar.

Likevel er det grunn til å anbefale Vegvesenet å logge grunnvannsnivået i B2 sammen med trykknivået i TF1 og TF2 i den perioden det peles til fastfjell ved Farriseidet. Dersom det skjer endringer i produksjon av vann fra Farrisakviferen, kan disse målingene benyttes for å dokumentere at dette ikke har sammenheng med brukonstruksjonen.

6 RISIKOVURDERING

Risikovurderingen er basert på at akse 7 skal fundamenteres til fjell og at de øvrige aksene, herunder akse 4, 5 og 6, fundamenteres på peler som avsluttes i morenelaget og ikke dypere enn ca. 40 m.

Risikovurderingen har vi tatt utgangspunkt i bl.a. følgende problemstillinger:

1. Vil en fundamentering til fjell penetrere permeable lag?
2. Hva er konsekvensen av dette på akviferen?
3. Hvor dypt kan en fundamentering gå hvis den ikke skal berøre noe som kan ha en negativ konsekvens for akviferen?

6.1 Sammendrag av vurderingsgrunnlag

Utførte totalsonderinger og geofysiske undersøkelser viser at det er mektige løsmasseavsetninger og stort dyp til fjell (> 100 m) i sentrale deler av Hammerdalen ved Farris eidet.

Tolkning av boringene indikerer en lagdeling i området for brofundamentering med marine leire over morene (ned til 35 – 40 m) og underliggende delvis sorterte, finstoffrike, lagdelte masser. Det antas at massene under morenelaget kan være delvis vannførende og stå i kontakt med akvifersystemet i Hammerdalen. Prøvepeling har vist at morenelaget er sterkt overkonsolidert vurdert av utbygger som egnet for spissbærende peler.

De dypeste boringene indikerer sterkt varierende masser med en del blokk i dybden, eller meget oppsprukket/forvitret fjell (omdannet Larvikitt).

Sentralt i vurderingsgrunnlaget er strømningsforholdene i grunnvannssonen. Grunnvannet må passere Farris eidet på vei gjennom Hammerdalen mot Larviksfjorden. Grunnvannet passerer ikke gjennom morenelaget som går ned til ca. kote – 20. Her observeres imidlertid isolerte lag/linser av sand. Grunnvannstrømmen kan gå i dypere lag helt ned til fjell på kote minus 80 – 100. Tolkninger av boringer utført av Ringnes, Jernbaneverket og SVV i Hammerdalen indikerer lag på flere titalls meter med tette sedimenter (silt/leir). Grunnvannet kan strømme i disse sedimentene i tynne sandlag som kun delvis kan registreres ved boringer.

Etablert prøvebrønn i akse 7 (PB2) har filter i mest vannførende lag 69 – 73 m under terreng (ca. kote minus 45 - 49) i de massene som blir berørt ved pelearbeidene.

Prøvepumping har klart vist at grunnvannet ved akse 7 ikke står i kontakt med grunnvannssystemet i Hammerdalen for øvrig. Vannkvaliteten er svært ulik den en finner i øvrige brønner i Hammerdalen og det er ingen hydraulisk kontakt mellom PB2 og øvrige brønner.

De vannførende lagene ved akse 7 har moderat permeabilitet og trykknivået (PB2) ligger i nivå med terreng. Dette er et trykknivå mye høyere enn i alle observasjonsbrønnene i Hammerdalen. Nivåobservasjoner i brønnene og produksjonskildene i Hammerdalen/Farrisfabrikken viser ingen tegn til påvirkning som følge av vannuttaket ved prøvepumping av PB2 i akse 7. Alle observasjonsbrønnene i Hammerdalen viser tydelig påvirkning av tidevannsfluktuasjoner, men nivået i PB2 er lite påvirket av tidevannet.

6.2 Konklusjon

Fundamenteringsarbeider i akse 1- 10, med unntak av akse 7, vil gå til fjell betydelig grunnere enn ved akse 7 eller stoppe i overkonsolidert morene grunnere enn 40 m under

terreng. Alle boringer og geofysiske undersøkelser indikerer klart at det ikke er tilstrekkelig grove, sorterte masser som kan være vannførende og med betydning for Farrisakviferen i nivå som vil berøres ved fundamenteringsarbeider i akse 1 – 10.

Fundamenteringsarbeidene til fjell i akse 7 vil penetrere permeable lag (akvifer). De permeable lagene ligger umiddelbart over fjell og også øvre forvitrede del av fjell er vannførende. Ved prøvepumping av PB2 er det tatt ut 65 m³/døgn og totalt 1300 m³. Til tross for dette store vannuttaket har vi ikke registrert endringer i trykk i observasjonsbrønner i Hammerdalen eller endring i kjemisk sammensetning av vannet i Farriskildene.

På grunnlag av vurderingene ovenfor er det gjort en enkel risikoanalyse basert på følgende:

Risiko = sannsynlighet * konsekvens

Planlagte fundamenteringsarbeider med peling etc. kan gjennomføres med svært liten sannsynlighet for påvirkning på grunnvannet i Hammerdalen.

Dersom planlagte fundamenteringsarbeider mot all formodning skulle medføre påvirkning på grunnvannet i Hammerdalen, kan dette utgjøre en viss fare for påvirkning på Farrisakviferen og derved Farriskildene.

Totalt sett kan planlagte fundamenteringsarbeider med peling etc. gjennomføres med svært lav risiko for påvirkning på grunnvannet i Hammerdalen og, etter vår vurdering, neglisjerbar risiko for påvirkning på Farriskilden.

Etter vår vurdering er konklusjonene ovenfor basert på tilstrekkelige undersøkelser med formål å gi grunnlag for aktuell risikovurdering.

Vi vil anbefale Vegvesenet å logge grunnvannsnivået i B2 sammen med trykknivået i TF1 og TF2 i den perioden det peles til fastfjell ved Farriseidet. Dersom det skjer endringer i produksjon av vann fra Farrisakviferen, kan disse målingene benyttes for å dokumentere at dette ikke har sammenheng med brukonstruksjonen.



Statens vegvesen
Vegdirektoratet
Publikasjonsekspedisjonen
Postboks 8142 Dep 0033 OSLO
Tlf: (+47 915) 02030
publvd@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Trygt fram sammen