



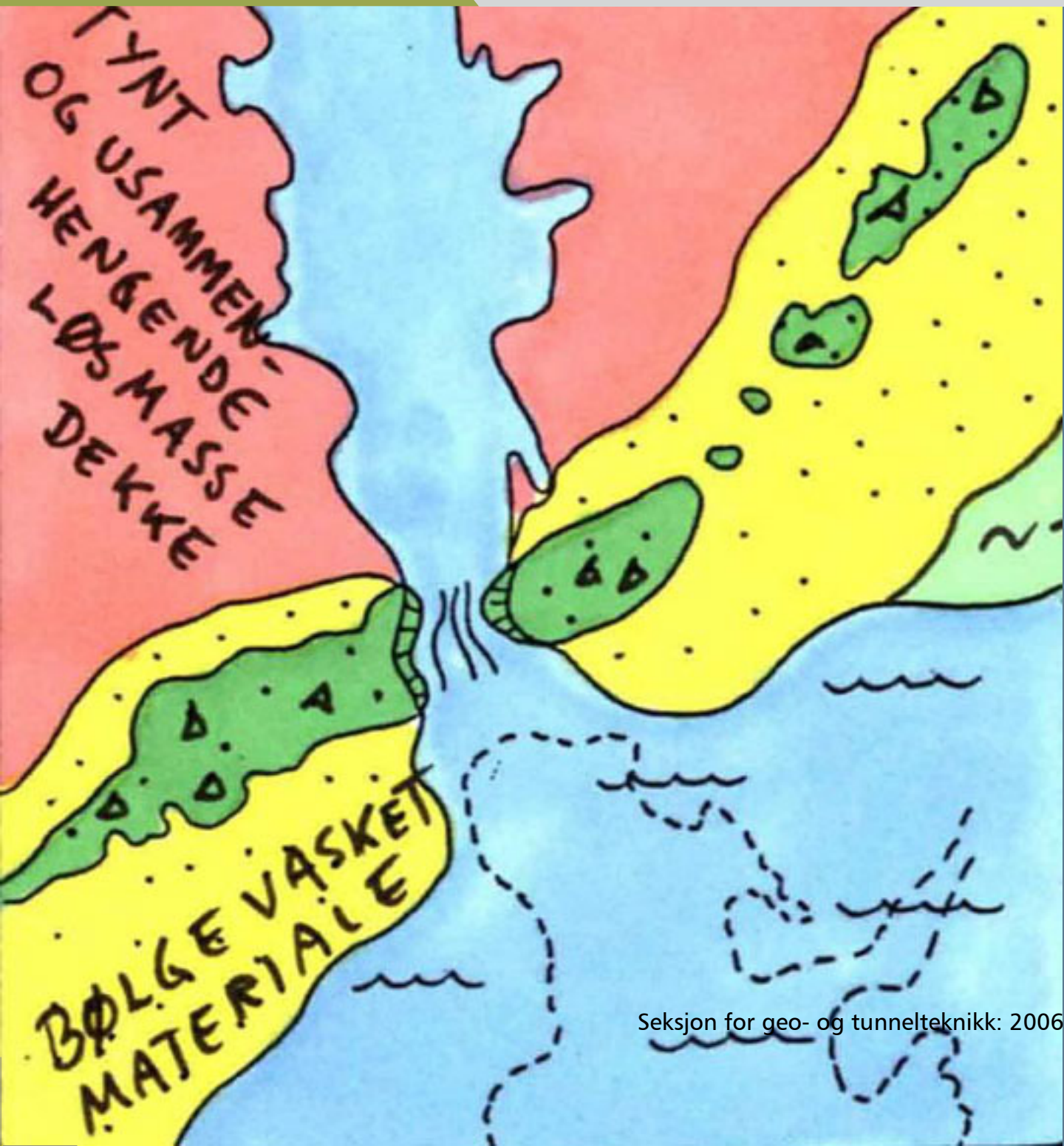
Statens vegvesen

Vurdering av ny E 18 og Farriskildene

OPPDRAG

Teknologiavdelingen

Nr: 200564575



Seksjon for geo- og tunnelteknikk: 2006-02-08



Statens vegvesen

Vegdirektoratet
Teknologiavdelingen
Seksjon for geo- og tunnelteknikk

Postadr.: Postboks 8142 Dep
0033 Oslo

Telefon: 22 07 35 00

Telefaks: 22 07 37 68

www.vegvesen.no

OPPDRAGSRAPPORT

Nr. 200564575

Labsysnr.

Vurdering av ny E 18 og Farriskildene

Rapporten er utarbeidet av: Nils-Otto Kitterød (Jordforsk), Per Kraft (Asplan Viak), Elisabeth Gundersen (Vegdirektoratet) og Øyvind Grimslund (Basic Line)

UTM-sone	UTM-koord.	Oppdragsgiver:	Antall sider:
		Region Sør ved Eva Preede	27
Kartdatum	NGO-akse	Dato:	Antall vedlegg:
		2006-02-08	1
Kommune nr.	Kommune	Utarbeidet av (navn, sign.)	Antall tegninger:
	Larvik	Elisabeth Gundersen	
Fylke		Seksjonsleder (navn, sign.)	Planfase:
Telemark		Svein Ryan	Planfase
Sammendrag			

I forbindelse med varsel om planoppstart til Statens vegvesens utvidelse av E 18 til firefelts på strekningen mellom Bom-
mestad og Sky kom det et innspill fra Ringnes fabrikker om at "Farriskilden utredes og tas hensyn til". Det ble derfor satt
ned en arbeidsgruppe som skulle vurdere tre av trase alternativene nærmere med hensyn til Farriskilden. Denne rapporten
presenterer arbeidet til gruppa. Det ble utført en risikovurdering for kildene, der risiko ble definert som sannsynlighet for
påvirkning multiplisert med konsekvenser for Ringnes. Rapporten tar først og fremst for seg sannsynligheten for
påvirkning basert på kvartærgeologi, hydrologi og simuleringer av vannbalansen i akviferen. Generelt er det lite sannsynlig
at Statens vegvesens aktiviteter i området vil ha noen som hels innvirkning på Farriskildene. Konsekvensene for Ringnes
derimot kan være store så det er en viss risiko forbundet med prosjektet.

Emneord:

Farris, kilder, akvifer, kvartærgeologi, numeriske simuleringer, vannbalanse

Distribusjonsliste	Antall	Distribusjonsliste	Antall
Region Sør	5		
Teknologiavdelingen	10		

Sluttrapport

Arbeidsgruppen for vurderinger av forholdet mellom ny E-18 og Farriskildene

Innhold

1	BAKGRUNN	2
2	INNLEDNING	3
3	OVERSIKT OVER TRASSEALTERNATIVER	4
4	GEOLOGI OG AVSETNINGSHISTORIE	8
	Berggrunn.....	8
	Kvartærgeologi.....	8
	Hydrogeologiske forhold.....	16
	Diskusjon.....	16
	Risikovurdering basert på geologiske forhold.....	16
5	SIMULERINGER	18
	Geologisk rammeverk.....	18
	Vurderinger.....	18
	Diskusjon.....	18
	Sannsynlighetsvurdering basert på strømningssimuleringer.....	19
6	DISKUSJONER	21
	Vurdering av sannsynlighet for påvirkning av Farriskilden.....	21
	Konsekvensvurdering basert på erfaringer med Farriskilden.....	23
7	KONKLUSJON	24
	Vedlegg 1 Mandat for arbeidsgruppen	25

1. BAKGRUNN

Statens Vegvesen Region Sør arbeider med planer for ny firefelts E-18 i søndre Vestfold. For traseen Bommestad – Sky er det knyttet mange interesser til begge sider av vegen, bl.a. friluftsområder og Farrisvannet som drikkevannskilde og landskapselement.

Så langt foreligger tre hovedprinsipper for løsning; tunnel under Farrisvannet, bru over Farrisvannet eller utvidelse av dagens veg. For alle løsninger kan delstrekninger gå i enten fjelltunnel eller løsmassetunnel. Det redegjøres nærmere for alternativene i avsnitt 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. Derimot er områdene nordover mot Farrisvannet og deres betydning for Farriskilden mindre kjent i denne sammenheng.

Statens Vegvesen Region Sør og Ringnes har drøftet ny E-18 på aktuell trase og forholdet til Farriskilden. På denne bakgrunn vedtok man å etablere en arbeidsgruppe for nærmere utredning.

2. INNLEDNING

Arbeidsgruppen ble konstituert 08.09.05 med følgende sammensetning:

- Elisabeth Gundersen Vegdirektoratet
- Nils-Otto Kitterød Jordforsk
- Per Kraft Asplan Viak, Ås
- Øyvind Grimslund Basic Line

Statens Vegvesen Region Sør er oppdragsgiver for utredningen. Den er forankret i eget mandat, jfr. vedlegg 1 "Mandat for arbeidsgruppen". Det nevnes at gruppens rapporteringsfrist ble utvidet i løpet av prosjektperioden.

Samtidig påpekes at kapitlene 3, 4 og 5 er personlige rapporter fra den som er angitt som "Forfatter / ansvarlig". Arbeidsgruppen har ikke behandlet disse med tanke på felles oppfatning av alle detaljer, da det ikke har betydning for konklusjonen.

Grunnlag for vurderinger og uttalelser fra arbeidsgruppen er basert på:

- Historikk og kildeutvikling ved Farrisfabrikken
- Tidligere grunnundersøkelser og tester i regi av Ringnes
- Rapporter fra øvrig seismikk og boringer
- Beskrivelser av aktuelle trasseer
- Vannstandsmålinger på utvalgte punkt i løpet av prosjektperioden
- Simulering av hydrologiske forhold
- Befaring i området

Iht. mandatet er vurderinger gjort på et overordnet nivå hvilket innebærer at det ikke ble foretatt noen ny omfattende datainnsamling.

3. OVERSIKT OVER TRASSEALTERNATIVER

Forfatter / ansvarlig: Elisabeth Gundersen

I forbindelse med varsel om planoppstart til Statens vegvesens utvidelse av E 18 til firefelts på strekningen mellom Bommestad og Sky kom det et innspill fra Ringnes fabrikker om at ”Farriskilden utredes og tas hensyn til”.

Det ble derfor satt ned en arbeidsgruppe som skulle vurdere tre av trase alternativene nærmere med hensyn til Farriskilden. Disse alternativene er

Alt 6C: Løsmassetunnel mellom Bøkeskogen og Farris vannet, bru over Farriseidet, fjelltunnel under Martineåsen. (Figur 3.1)

Alt 12B: Løsmassetunnel mellom Bøkeskogen og Farris som fortsetter gjennom Farriseidet og rett inn i fjelltunnel under Martineåsen (Figur 3.2)

Alt 5: Fjelltunnel under Farrisvannet.

På bakgrunn av seismiske målinger i Farrisvannet er det siste alternativet, fjelltunnel under Farrisvannet ikke lenger aktuelt. Målingene viste at fjelltunnelen må gå vesentlig dypere enn planlagt for å sikre tilstrekkelig fjelloverdekking. Dette alternativet er derfor ikke tatt med i den videre beskrivelsen.

Både alternativ 6C og 12B innebærer et stykke med løsmassetunnel, også kalt miljøtunnel eller ”cut and cover”. Denne kan bestå av en støpt betongkulvert med kvadratisk eller sirkulært tverrsnitt, utgangspunktet er to parallelle T9,5m tunneler (se SVV Håndbok 021). Tunnelene vil ligge i løsmasser og bli tildekket slik at kulvertene ikke er synlige.

Alternativ 6C

I alternativ 6C er den planlagte løsmassetunnelen ca 375 m lang (fra profil 3150 til 3525). Laveste punkt er i kote 25, ca 150 m inn i kulverten. Tunnelen vil ligge i dagens trase og erstatte Viadukten. Denne løsningen er vurdert til ikke å innebære noen risiko for Farriskildene.

Fra løsmassetunnelen vil vegen gå ut i en kort dagstrekning og deretter ut på en ca 850 m lang bru. Det vil være to parallelle bruløp som starter i ca kote 30 og stiger opp til ca kote 40, Vannstanden i Farrisvannet varierer mellom 20,25 og 23,25 moh. Begge løpene vil krysse et stykke ut i Farrisvannet, mens dagens bruer kun krysser elva.

På grunn av krumningen til brua kan en tenke seg en platebru på søyler i likhet med dagens E 18, men type bru og fundamentering er ikke vurdert av arbeidsgruppa. Fundamentering av dagens bruer for E18 og Rv.302 over Farriselva er godt dokumentert i Veglaboratoriets rapportserie Z-66 A-D. De undersøkelsene som ble utført da gir et godt grunnlag for videre vurdering av fundamentering til den foreslåtte brua. Så lenge en unngår at brufundamentene står i vannførende lag i trykkmessig kontakt med Farriskildene er det ingen risiko for at brufundamentene vil være en fare for Farris/Ringnes.

Sluttrapport fra arbeidsgruppen for vurderinger av forholdet mellom ny E-18 og Farriskildene

Brua vil munne ut i en kort dagstrekning og deretter inn i en fjelltunnel under Martineåsen. Fjelltunnelen vil ikke innebære noen fare for Farriskildene.

Figur 3.1 Alternativ 6C



Alternativ 12B

Dette alternativet innebærer at hele strekningen fra innkjørselen til Larviksporten (ca profil 2475) og frem til ca profil 5900 blir en sammenhengende tunnel. Denne vil bestå av to støpte løsmassetunneler og to fjelltunneler. Den ca 1200 m lange løsmassetunnelen mellom profil 3150 og 4350 er vurdert av arbeidsgruppa.

Når det gjelder høyder og bredder for støpte tunneler som vist på Farriseidet i alternativ 12B, er det ikke utarbeidet noe prosjekt for en slik tunnel, men på grunn av en horisontal-kurveradius på 600 m må tunnelen bygges med breddeutvidelse for å oppfylle kravet til stoppsikt. Av den grunn vil nok et sirkulært tverrsnitt være mest aktuelt. Høyde på tunnelen med sirkulært tverrsnitt blir ca 8 m inkludert betongtaket.

Høyden for vegbanen i tunnelen for alternativ 12B kan leses av lengdeprofilen i Figur 3.2. Laveste punkt er i kote 12 ved profil 4200. For tunnelene kan det bli justeringer i

Sluttrapport fra arbeidsgruppen for vurderinger av forholdet mellom ny E-18 og Farriskildene

horisontalplanet og vertikalplanet, men de gitte dataene har vært utgangspunktet, og tilstrekkelig for undersøkelsene med hensyn på Farriskilden.

Figur 3.2 Alternativ 12 B



Grunnforhold i Farriseidet

Dagens bruer for E 18 og Rv 302 over Farriselva er direktefundamenterte på såle for samtlige fundamenter. I Veglaboratoriets Oppdragsrapport Z-66A beskrives massene ved brustedet som relativt fast, siltig til sandig morene med noe innhold av blokk og stein. Romvekten til massene er meget høy ($2,2 - 2,4 \text{ t/m}^3$), vanninnhold fra 7 - 8 % til 15 og 20 % og leirinnhold under 7 - 8 %. Permeabiliteten er lav og massene har en typisk friksjonsvinkel på over 38° og en kohesjon trolig over $3-4 \text{ t/m}^2$. Tettheten av massene varierer.

På begge sider av Farriselva ble det tatt prøveserier med Lindøutstyr (forgjengeren til Odex). Massene her beskrives som siltig til sandig morene ned til kote 12 - 13, under dette er det siltig til grusig sand ned til kote 0. Kornfordelingskurver er gitt i rapporten Z-66A.

Fundamentering både av brua i alternativ 6C og løsmassetunneler, og mulig bruk av spunt for å sikre en tørr byggegrop må vurderes etter nøyere grunnundersøkelse av massene. For dagens bruer ble fundamentering på peler vurdert for noen av fundamentene, men innhold av blokk og stein samt lag med meget kompakte masser forårsaket at man den gang anså ramming av peler som svært vanskelig.

Sluttrapport fra arbeidsgruppen for vurderinger av forholdet mellom ny E-18 og Farriskildene

Så lenge man opererer i faste overkonsoliderte løsmasser¹ innebærer dette ingen fare for Farris/Ringnes. Skal en allikevel være ekstra forsiktig bør alle borehull plugges med bentonitt. Det bør uansett tas prøver av massene under fundamenter og kulverter, og spesielt ved eventuelle dypt gående spunt og/eller peler.

¹ Overkonsoliderte løsmasser er sedimentmasser som gjennom en herdning har fått større styrke eller fasthet enn det som er normalt ved det dypet de ligger i. Årsaken kan være at sedimentmassene er uttørket eller at de har vært dekket av masser som senere er blitt fjernet ved erosjonen

4. GEOLOGI OG AVSETNINGSHISTORIE

Forfatter / ansvarlig: Per Kraft

Berggrunn

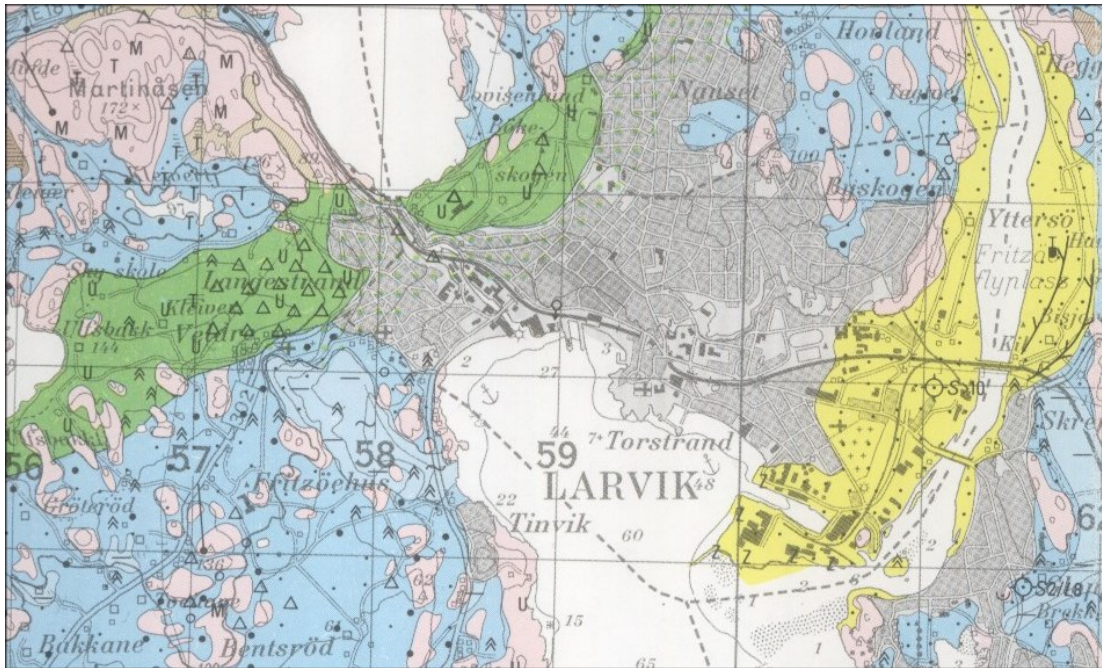
Berggrunnen i området består av larvikitt, en monzonittisk dypbergart. Bergartsmassivet er preget av en markert oppsprekning i rutemønster med NS-ØV-gående sprekkesoner. Typisk for bergarten og området er relativt smale, avgrensede sprekkesoner med bratte sider og mellomliggende massive fjellblokker.

Larviksfjorden og Farrisvannet ligger i en større forkastning/sprekkesone som gjennomskjærer larvikittmassivet. Dybdemålinger i Farrisvannet og i Larviksfjorden samt seismiske undersøkelser og løsmasseboringer i Hammerdalen viser fjelldyp på mer enn 100 m under havnivå langs denne sprekkesonen. Dybden til fjell er varierende og sannsynligvis minst ved Farriseidet der sprekkesonene er noe smalere, men fjelloverflaten også her ligger sannsynligvis i størrelsesorden 100 m.u.h. Uten overliggende løsmasser og vann ville fjellkløften fra nordenden av Farrisvannet til utløpet av Larviksfjorden fortone seg som et enormt gjel ("Farrisgjelet").

Kvartærgeologi

Løsmassene i nedre del av Farrisvannet, ved Farriseidet, i Hammerdalen og i indre del av Larviksfjorden er primært avsatt i forbindelse med isavsmelting og breframstøt mot slutten av siste istid. Det er også mulig at dypere lag av løsmassene er avsatt i tidligere istider og mellomistider (kvartær tid). Løsmassenes oppbygging og sammensetning er preget av et marint avsetningsmiljø i en Larviksfjord som, umiddelbart etter istiden, strakk seg oppover i Farrisvassdraget. Et hovedelement er Ra-morenen, en ØV-gående endemorenerygge avsatt under daværende havnivå som resultat av et omfattende breframstøt (vist med grønt på kartutsnittet nedenfor).

Sluttrapport fra arbeidsgruppen for vurderinger av forholdet mellom ny E-18 og Farriskildene



Kartutsnitt med hovedtrekk i løsmassefordelingen (kvartærgeologi)

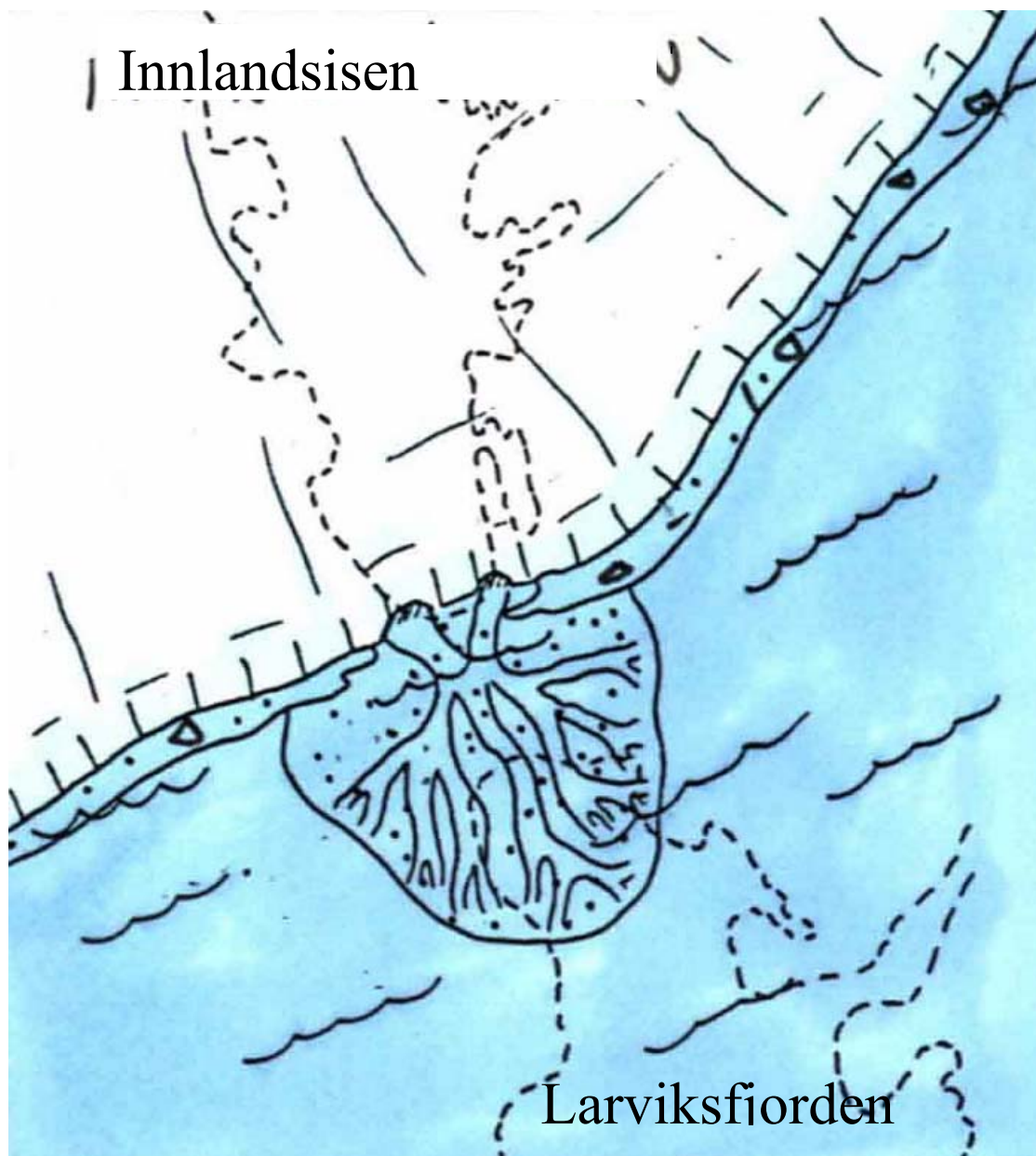
Landhevning etter istiden har løftet Ra-ryggen opp over havnivå og ført til erosjon og utvasking av morenemateriale i strandsonen. Videre landhevning har ført til at Ra-ryggen demmer opp Farrisvannet. Farriselva har i hele perioden etter at Farrisvannet ble avsnørt og hevet, erodert i morenematerialet ved Farriseidet og avsatt fluviale masser mot Larviksfjorden. Det er også mulig at partier med moreneleire i Ra-ryggen har gått ut i Hammerdalen og fjorden som ras og slamstrømmer.

Løsmasseavsetninger

Løsmassefordelingen i området ved Hammerdalen er observert i en rekke undersøkelsesboringer og i noen grad dokumentert ved refraksjonsseismiske² undersøkelser. Løsmassenes dannelse i tid og rom er illustrert på fem skisser som viser hovedtrekkene i geologiske prosesser etter siste istid. På de fire første skissene er utstrekningen av Farrisvannet og Larviksfjorden slik de ligger i dag vist med stiplet linje.

Skisse 6 viser hovedprinsippene for forekomst, nydannelse og strømming av grunnvann i området Farrisvannet - Larviksfjorden. Det må understrekes at dette er en svært forenklet prinsippskisse som ikke gir grunnlag for noen risikovurdering av forholdene for grunnvannet i Hammerdalen.

² Refraksjonsseismikk er en geofysisk metode for undersøkelse av undergrunnen. Den er basert på at det sendes ned lydbølger eller energi (f. eks. ved små eksplosjoner) som blir brutt ved en grenseflate og fanget opp på overflaten igjen.

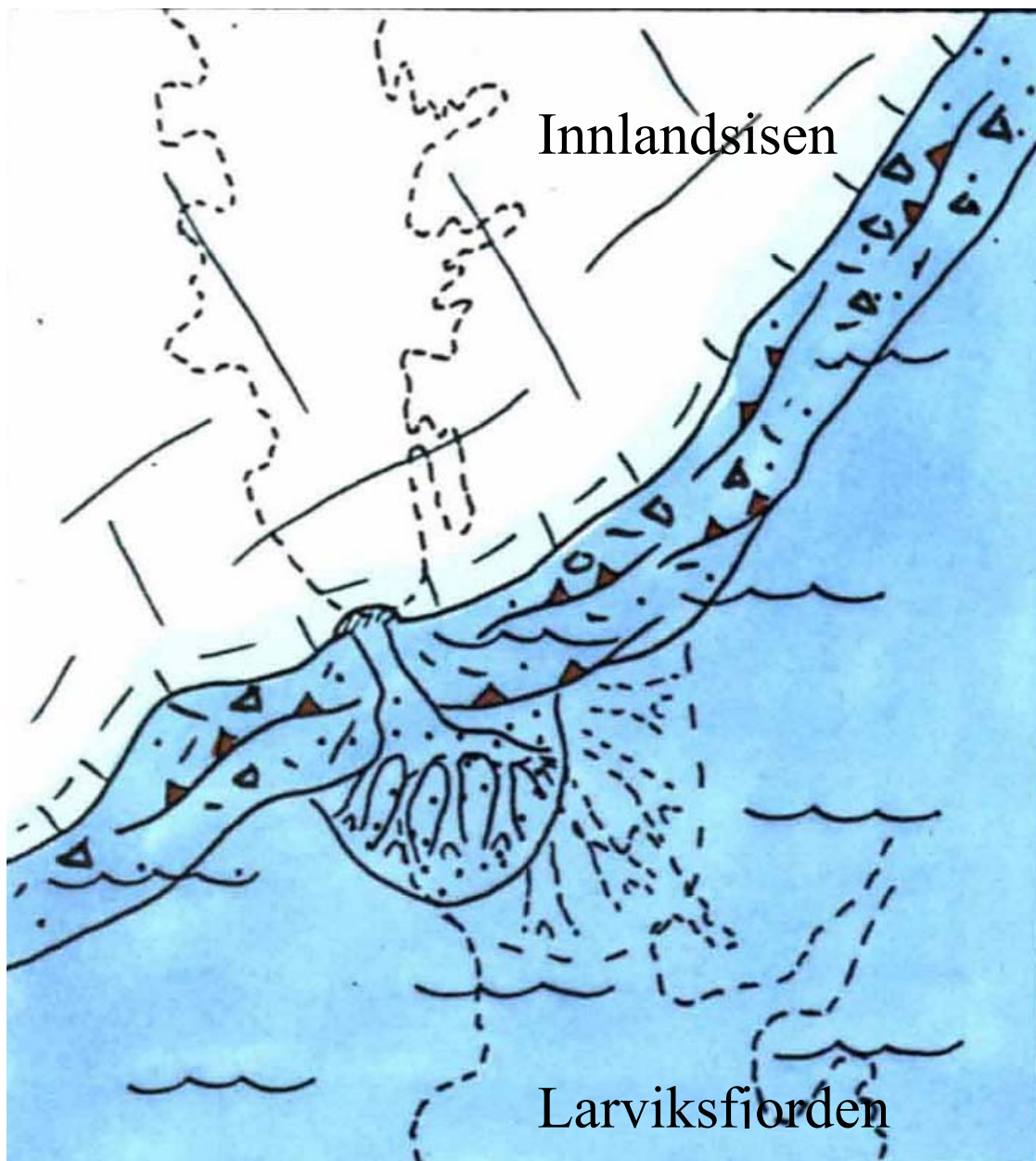


Skisse 1. Isbreens stilling for ca 10 000 år siden

Skisse nr 1 viser situasjonene da fronten av innlandsisen stod ved Farriseidet. Store mengder smeltevann førte i denne fasen løsmasser i subglasiale³ elveløp fram til flere breporter. De groveste massene, dvs. sand og grus, ble avsatt ved utløpet av breporter som stadig trakk seg tilbake. På den måten ble det liggende igjen et sammenhengende nettverk (eskere) av elveavsatte, sorterte, grove masser over underliggende fjell. Det meste ble sannsynligvis avsatt i bunnen av ”Farrisgjelet”, men noe kan også ha blitt avsatt i elveløp mellom breen og fjellet langs sidene av breen.

Ved breens tilbaketrekning ble det sedimentert finere masser over sand/grus-avsetningene. Dette er silt og leirholdige sedimenter avsatt i et fjordmiljø under brakkvannsforhold.

³ En glasial avsetning er materiale som har blitt transportert og avsatt av isbreer eller breelver. Det omfatter morener, som er dannet direkte ved breens bevegelse, glasifluviale (breelv-) avleiringer fra smeltevannselvene og glasimarine (ishavs-) avleiringer avsatt i saltvann



Skisse 2. Isbreens stilling for ca 10 000 år siden

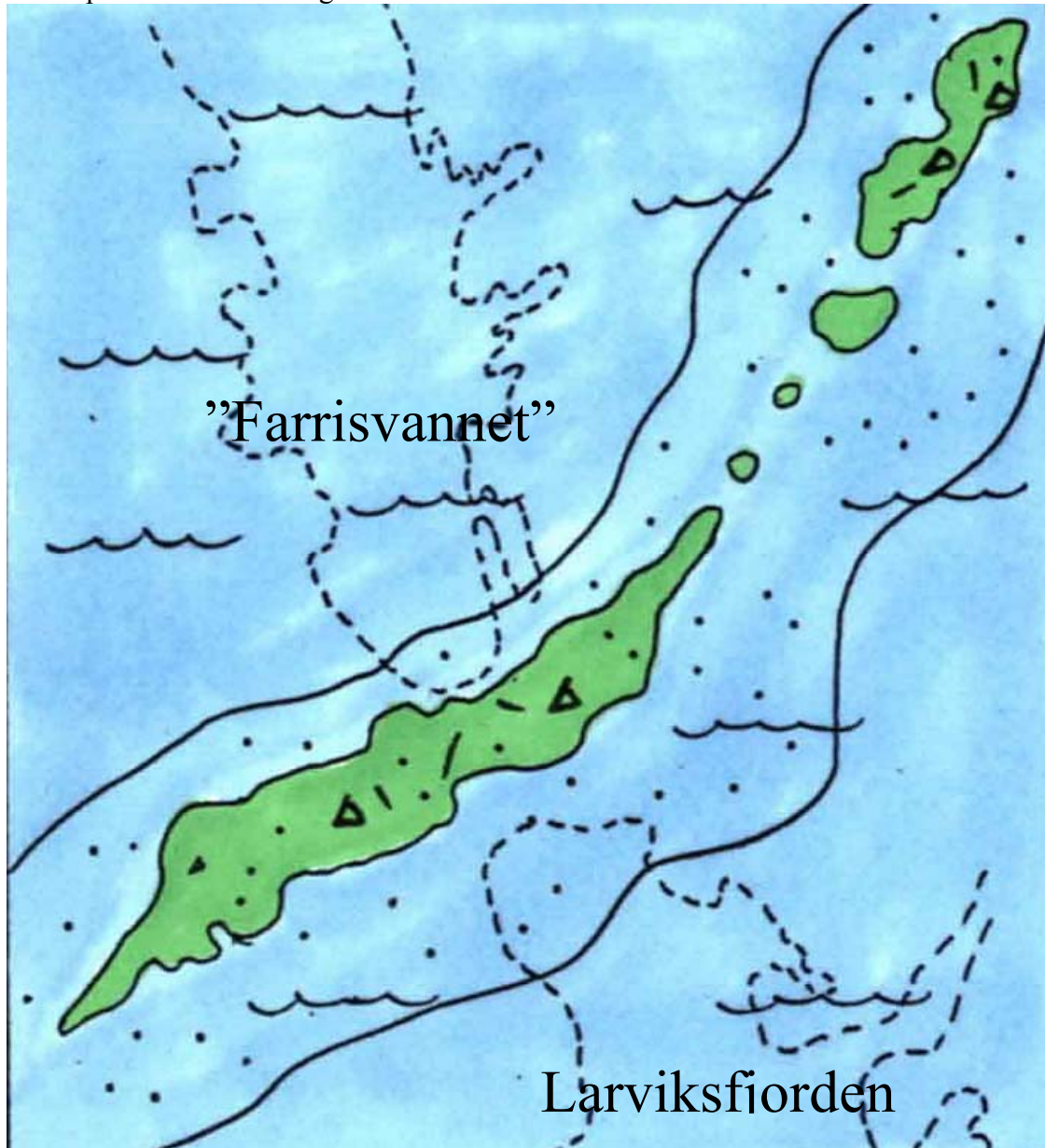
Skisse nr 2 viser også situasjonene da fronten av innlandsisen stod ved Farriseidet. Iskanten har sannsynligvis beveget seg frem og tilbake over en periode, noe som har resultert i flere suksesjoner av de samme prosesser. Dette har ført til en komplisert, lagdelt oppbygging av sedimentene med flere mer eller mindre sammenhengende lag av sorterte, relativt grove, masser. Lag av sand og grus er atskilt av lag av silt og finsand med varierende leirinnhold avhengig av varierende marin påvirkning. Dette har gitt opphav til lavpermeable lag med innhold av salte, marine leirer mellom grovere høypermeable⁴ lag.

Isfronten skjøv opp flere lag av endemorene og avsluttet denne fasen med oppskyving av Ramorenen. Dette er submarint avsatt endemorene med glasimarint preg, dvs. med store

⁴ Permeabiliteten til et lag sier noe lagets gjennomtrengningsevne, dvs. hvor raskt vann kan strømme gjennom laget. Et høypermeabelt lag er typisk et sand-grus lag, mens et lavpermeabelt lag er typisk et leirelag.

Sluttrapport fra arbeidsgruppen for vurderinger av forholdet mellom ny E-18 og Farriskildene

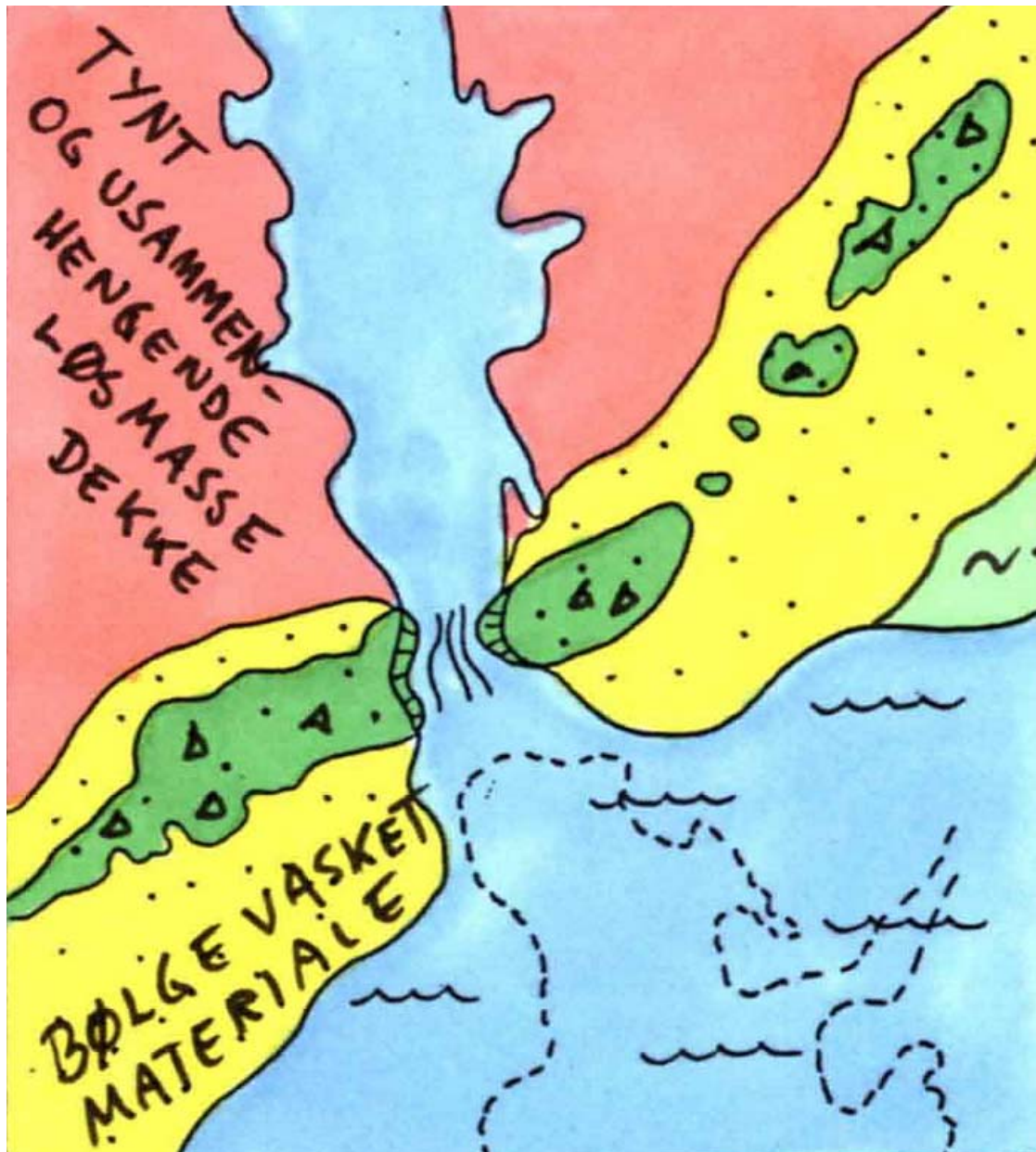
mengder marint avsatte fjordsedimenter innbakt i moreneryggen. Det er sannsynlig at det i denne perioden ble avsatt glasifluviale masser i deler av endemorenen.



Skisse 3. Ra-morenen heves over havnivå

Skisse nr 3 viser situasjonene etter at innlandisen har smeltet og landhevning har løftet toppen av Ra-morene over havnivå. Det er usikkert hvor høy moreneryggen var ved Farriseidet, men sannsynligvis var den noe lavere her enn på sidene ved Bøkeskogen og Høysteinane.

Moreneryggen er i denne perioden utsatt for intensiv stranderosjon med utvasking av stein, borttransport av finstoff og sortering av sand. Samtidig avsettes store mengder finstoff i fjorden utenfor moreneryggen, bl.a. i Hammerdalen.



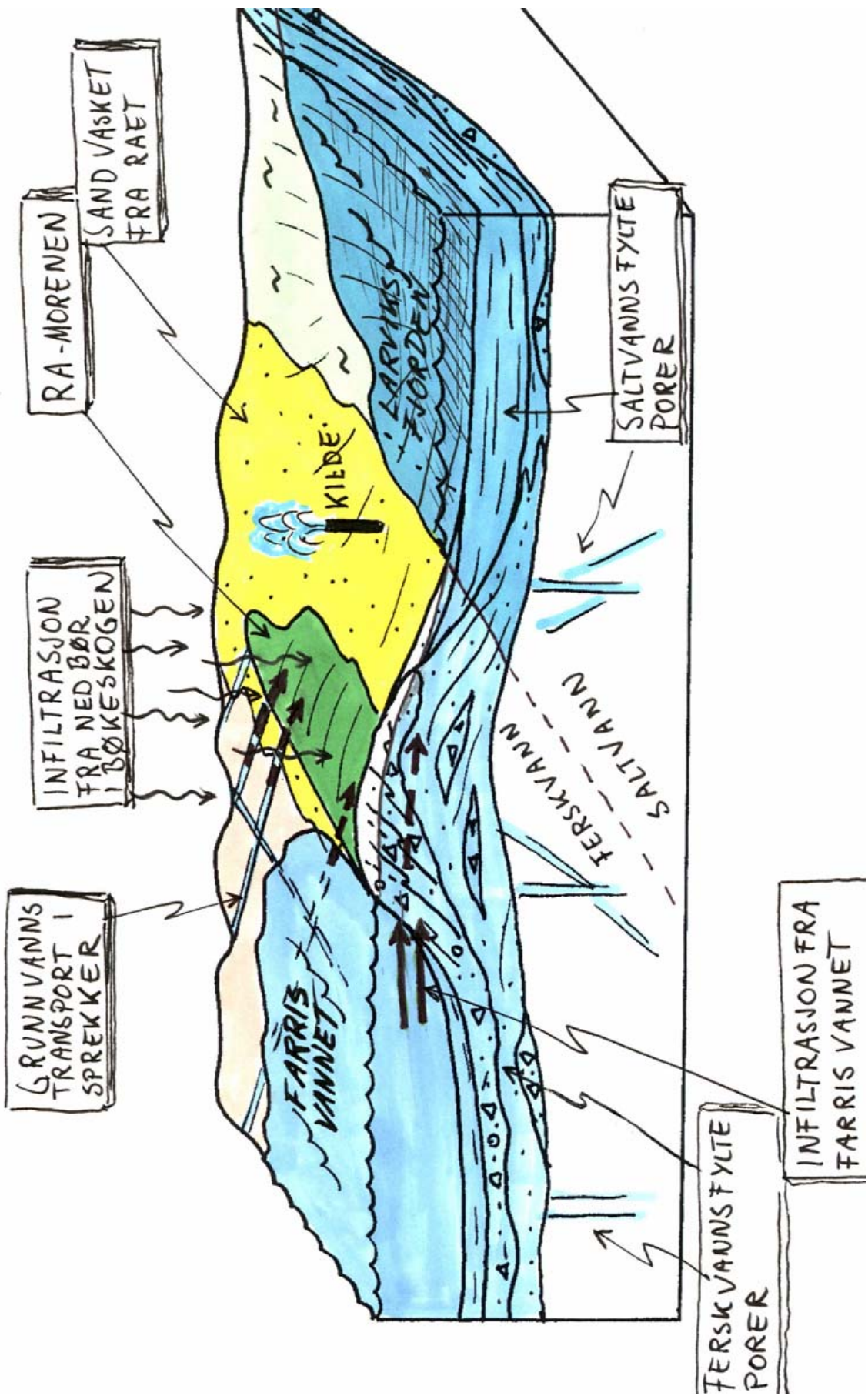
Skisse 4. Landhevingen fortsetter, Farrisvannet og Farriselva dannes

Skisse nr 4 viser situasjonene etter fortsatt landheving. Bassenget bak Ra-morenen (Farrisvannet) heves over havnivå og Farriselva eroderer bort store deler av moreneryggen i øvre del av Hammerdalen. Eroderte masser avsettes som silt/leir i fjorden og silt/sand i Hammerdalen



Skisse nr 5 viser dagens situasjon. Ved fortsatt landhevning er store mengder masser som tidligere er avsatt av Farriselva og i fjorden erodert av Farriselva på nytt og transportert lenger ut i Larviksfjorden. Topplaget av finstoffrike masser fjernes og erosjonen går ned til underliggende grove lag avsatt inn mot Bøkkerfjellet. Det oppstår kilder som mates via sammenhengende grove lag fra bunnen av "Farrisgjelet".

h



Skisse 6: Prinsippskisse for forekomst, nvdannelse og strømming av grunnvann i området Farrisvannet - Larviksfiorden.

Hydrogeologiske forhold

Akviferen⁵ som gir opphav til artesiske kilder (kilder der vann under høyt trykk presses opp) inn mot Bøkkerfjellet i nedre del av Hammerdalen er sannsynligvis subglasiale eskersystemer⁶ avsatt i dypere deler av "Farrisgjelet". Dannelsen av akviferen er beskrevet under skisse 1 og 2. Utbredelsen av eskermaterialet antas å være bestemt av bredden på "Farrisgjelet", dvs. avstand til fjell langs sidene av Hammerdalen. Denne er ved kartlegging av fjellblotninger og på grunnlag av boringer vurdert til å være i størrelsesorden 600 - 800 m. Tykkelsen av vannførende lag er vurdert til å være i størrelsesorden 5 m på grunnlag av 11 dype boringer i midtre og nedre del av Hammerdalen.

Over akviferen ligger tykke lag av glasimarine morene, fjordsedimenter og kanskje også submarine slamstrømmer (rasmasser). På toppen og i framkant av Ra-moreneryggen ligger sandavsetninger med et øvre, åpent grunnvannsmagasin.

Akviferen mates ved infiltrasjon fra Farrisvannet og ved nydannelse av grunnvann gjennom morenemassene i øvre del og på begge sider av Hammerdalen, herunder Bøkeskogsområdet.

Det ligger sannsynligvis lag og linser av vannavsatt sortert sand/grus i Ra-morenen. Dette er akviferer som kan stå i kontakt med akviferen i underliggende subglasiale eskersystemer.

Farrisvannet og Larviksfjorden ligger i en regional forkastningssone som er kraftig iserodert pga. omfattende oppsprekning. Det er grunn til å anta at sprekkesonen går dypere i fjellmassivet og står i kontakt med omfattende sprekkesystem i fjellgrunnen. Grunnvann i dette sprekkesystemet i fjell vil kunne stå i kontakt med akviferen i subglasiale eskersystemer i "Farrisgjelet" og Hammerdalen.

Diskusjon

Datagrunnlaget for å beskrive hovedtrekkene i løsmassenes dannelse gir et tilstrekkelig grunnlag for å skissere hovedtrekkene i løsmassefordelingen.

Datagrunnlaget for å beskrive hydrogeologiske forhold er godt for deler av området, men mangelfullt for øvre del av Hammerdalen. En grunnleggende usikkerhet er knyttet til omfanget av vannførende lag i morenemassene.

Risikovurdering basert på geologiske forhold

Risiko er vurdert for følgende inngrep:

1. fjelltunnel under Farrisvannet (alt 5)
2. miljøtunnel ved Bøkeskogen og Farrisidet (alt 6C og 12)
3. fjelltunnel gjennom Martineåsen (alt 6C og 12)

⁵ En akvifer er et uttrykk for et vannførende lag i undergrunnen, f. eks. porøs og lett vanngjennomtrengelig sand i leire eller sandstein i leirskifer. Se også Figur 5.1

⁶ En "esker" er en langstrakt, smal og ofte slynget rygg eller ås av lagdelt og sortert sand, grus eller rullestein, dannet ved avsetning fra smeltevannelver i en tunnel under eller inne i en isbre. Eskere er parallelle med bevegelsesretningen for isbreen og danner gjerne et markert trekk

1. Fjelltunnel under Farrisvannet vil krysse en markert regional sprekkesone i fjell. Grunnvann i denne sprekkesonen vil kunne stå i kontakt med grunnvann som kommer fram i artesiske kilder i nedre del av Hammerdalen. Det er liten grunn til å anta at aktuelle inngrep vil gi endringer i hydrokjemiske forhold, dvs. innhold av ioner i vannet. Det er heller ikke grunn til å anta at inngrep vil gi endringer i trykk- og strømningsforhold. Dette er imidlertid forhold som må vurderes på et mer omfattende datagrunnlag ved en detaljert konsekvensvurdering.
2. Miljøtunnel ved Bøkeskogen og Farriseidet vil i utgangspunktet kun berøre øvre lag av morenemasser over underliggende akvifer som ligger på stort dyp. Løsmasseforholdene ned til inngrepsdybde er ikke undersøkt i anleggsområdet. Det kan forekomme vannførende lag i moremassene og det kan være avsatt subglasiale eskermasser inn mot fjell på begge sider av Farriseidet og ved Bøkeskogen.

Det er liten grunn til å anta at aktuelle inngrep vil komme i kontakt med vannførende lag, verken vannførende lag i morenemassene eller eskeravsetninger mot fjell. Det er også liten grunn til å anta at eventuelle vannførende lag i inngrepsområdet vil stå i kontakt med grunnvann som kommer fram i artesiske kilder i nedre del av Hammerdalen. Dette er imidlertid forhold som må vurderes på et mer omfattende datagrunnlag ved en detaljert konsekvensvurdering.

Det er grunn til å anta at aktuelle inngrep kan gi endringer i hydrokjemisk, trykk- og strømningsforhold i de vannførende lag som direkte berøres av anleggsinngrep.

3. Fjelltunnel i Martineåsen vil ikke krysse sprekkesoner som det er grunn til å anta står i kontakt med artesiske kilder i nedre del av Hammerdalen. Forhold bør vurderes på et mer omfattende datagrunnlag ved en detaljert konsekvensvurdering.

5. SIMULERINGER

Forfatter / ansvarlig: Nils-Otto Kitterød

Hensikten med strømningssimuleringene i denne sammenhengen er å estimere gjennomsnittsverdier for hydraulisk ledningsevne i Farrisakviferen og i løsmassene over. Forutsetningene hviler på tilgjengelig informasjon om løsmassene i Hammerdalen, vannbalansen i akviferen samt trykknivåmålinger i akviferen, i Farrisvannet og i Larviksfjorden (tidevannet). Resultatene danner utgangspunktet for vurdering av traséalternativene for E18 ved Farriseidet som er spesifisert av Vegvesenet.

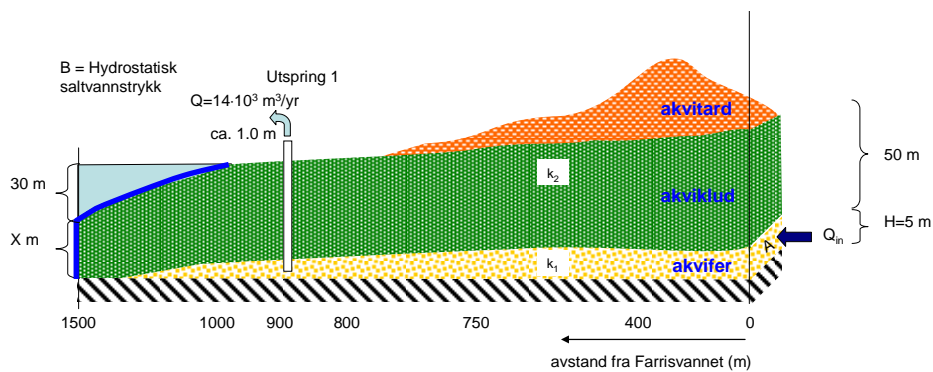
Geologisk rammeverk

De fysiske og kjemiske risikoene for Farrisakviferen blir i stor grad bestemt av egenskapene i løsmassene i Hammerdalen. De mest kritiske parametrene er i) utbredelsen og ii) mektigheten av de viktigste enhetene i lagpakka, samt iii) permeabiliteten i hver av disse enhetene.

Arbeidsgruppas forståelse av geologien er beskrevet i kapittel 4. I de numeriske simuleringene⁷ er lagpakka forenklet til følgende tre enheter: en akvifer-, en akviklud- og en akvitardenhet, se Figur 5.1. Akviferen eller reservoarlaget, er lokalisert direkte over berggrunnen eller over tettere løsmasser. Akviferen består ikke av et kontinuerlig sammenhengende lag, men trykkendringer forplantes meget raskt og akviferen må derfor behandles som en hydraulisk enhet. Over akviferen ligger en akvikludenhet med tettere masser som forseglar akviferen. Sammen med innstrømning av vann i akviferen, skaper forseglingen i utstrømningsområdet et hydraulisk trykk som er høyere enn terrengoverflaten i deler av Hammerdalen. Akvikluden er identifisert i samtlige boringer, og vi antar at denne enheten også dekker akviferen ved Farriseidet. Over akvikluden ligger en enhet med hydraulisk ledningsevne som er lavere enn akviferen, men sannsynligvis med høyere ledningsevne enn akvikluden. Dette laget blir derfor referert til som en akvitardenhet. Akvitarden ligger ikke over akvikluden i hele feltet, men antas å ha størst mektighet i Raet og i området ved Farriseidet.

⁷ De likningene som beskriver hvordan vannet strømmer gjennom de ulike lagene i et 2-dimensjonalt snitt løses numerisk ved hjelp av en PC. En numerisk løsning er en tilnærming til den eksakte løsningen, der antall beregningspunkter bestemmer nøyaktigheten til svaret. Den numeriske feilen er mye lavere enn usikkerheten til de målte verdiene som inngår i modellen

Sluttrapport fra arbeidsgruppen for vurderinger av forholdet mellom ny E-18 og Farriskildene



Figur 5. 1. Prinsippsskisse av geologien i Hammerdalen slik den har blitt implementert i de numeriske simuleringene. Hydrauliks ledningsevne for akviferen (k_1) og akviklunden (k_2) kan beregnes ut fra grensebetingelser og trykkobservasjoner i kildene (en kilde er tegnet inn på figuren).



Figur 5. 2. Flyfoto over Farrisakviferen med Farrisvannet (22 m o.h.) og Larviksfjorden som de viktigste hydrauliske grensebetingelsene. Vanddyb i Larviksfjorden er digitalisert fra havnebassengkart. Antatt utbredelse av akviferen (magentafargete linjer) er basert på observerte fjellblotninger. Kotehøyder er indikerte med sorte linjer. Det er benyttet trykkdata fra 4 observasjonsbrønner i beregningene.

Vurderinger

Det er gjort simuleringer og kvantitative beregninger av følgende forhold som er viktig for strømningsforholdene i akviferen:

- Vannbalanse i Farrisakviferen
- Effektiv nedbør i nedslagsfeltet til Farrisakviferen

Sluttrapport fra arbeidsgruppen for vurderinger av forholdet mellom ny E-18 og Farriskildene

- Infiltrasjon fra Farrisvannet
- Trykkmålinger i forbindelse med pumpetester i brønnene
- Stasjonære trykkobservasjoner

Diskusjon

De absolutte trykknivåene i akviferen blir bestemt av forholdet mellom (i) innstrømning og utstrømning av akviferen, og forholdet mellom (ii) tykkelsen og den hydrauliske ledningsevnen på akvikluden i utstrømningsområdet. Vi har god informasjon om (i). Dermed kan vi beregne (ii) gitt trykkobservasjoner og geologiske forutsetninger i strømningsmodellen.

Fra tidligere undersøkelser vet vi at vannets oppholdstid fra infiltrasjon til utstrømning i kildene, er fra 10-15 år. Den hydrauliske gradienten⁸ i akviferen er meget godt dokumentert, og er i størrelses orden 3‰ ($dh/dx = 3 \cdot 10^{-3}$). Hvis vi antar en effektiv porøsitet på 25 %, kan vi utelukke gjennomsnittlig hydraulisk ledningsevne i akviferen på under 5000 m/år ($1.6 \cdot 10^{-4}$ m/s). Med oppholdstid i akviferlaget på under 3 år, må vi ha en gjennomsnittlig hydraulisk ledningsevne på mer enn 20000 m/år ($3.3 \cdot 10^{-4}$ m/s).

Fra tidligere fundamenteringsarbeider for Vegvesenet, vet vi at løsmassene ved Farriseidet er overkonsolidert. Vi vet ikke om det er de samme massene som strekker seg ut i bunnen av Farrisvannet. Dersom det er tilfellet, kan enkle målinger av hydraulisk ledningsevne i disse massene (f.eks. ved kornfordelingsanalyser) benyttes for å estimere en gjennomsnittlig mektighet på denne lagpakken. Løsmasseboringer tyder på at de tette løsmassene over akviferen strekker seg helt ned til kildeområdet. Dersom det samme laget strekker seg ut over utstrømningsområdet i fjorden, vil dette laget være bestemmende for trykknivået i akviferen. I så fall ligger den gjennomsnittlige hydraulisk ledningsevne for dette laget i området mellom 2 – 250 m/år. Her er det på sin plass å understreke at disse beregningene er gjort med 2d simuleringer. Foreløpige 3d simuleringer bekrefter hovedresultatene ovenfor, men samtidig øker konfidensintervallet. Dette er en konsekvens av at frihetsgraden i strømningsmønster begrenses fra 2-dimensjonale til 3-dimensjonale simuleringer. Med dette utgangspunktet vil jeg kort kommentere sannsynligheten for at akviferen vil bli påvirket ved de ulike trasé-alternativene som er nevnt i mandatet.

Sannsynlighetsvurderinger basert på strømningsmodeller

I mandatet fra Vegvesenet står det at arbeidsgruppen skal: Synliggjøre på et overordnet nivå hvilke risikoer som kan foreligge for Farriskilden ved bygging / bruk av ulike typer nedsenkede løsninger og tunneler som er aktuelle for ny E18 ved Farriseidet. Utredningen skal omfatte følgende delelementer:

- ”Cut and cover” ved Farriseidet
- Halvveis nedsenket ”cut and cover” ved Bøkeskogen

⁸ En hydraulisk gradient (I) kan enklest forklares ved hjelp av Darcy's lov som beskriver hvordan vann renner gjennom en porøs jord som sand, silt og leire. Darcy's lov sier at $q = KI$, der q er gjennomsnittlig vannhastighet for jordvolumet, K er den hydrauliske ledningsevnen og I den hydrauliske gradienten. Den hydrauliske ledningsevnen (K) tilsvarer jordas permeabilitet (k) multiplisert med vannets romvekt og delt på vannets viskositet. For små temperaturforskjeller blir dette forholdet konstant.

Sluttrapport fra arbeidsgruppen for vurderinger av forholdet mellom ny E-18 og Farriskildene

- Fjelltunnel i Martineåsen
- Evt. andre momenter av betydning

Mer spesifikt omfatter delelementene følgende alternativ:

- Alt.-5: Lang-fjelltunnel
- Alt.-6C: Tunnel-Bøkeskogen, Bru-Farriseidet, Tunnel-Martineåsen
- Alt.-12: Tunnel-Bøkeskogen, Tunnel-Farriseidet, Tunnel-Martineåsen

Arbeidsgruppa har operasjonalisert risikobegrepet slik at det består av to deler: (i) sannsynlighet for påvirkning og (ii) konsekvenser dersom det inntreffer en påvirkning. I det følgende blir (i) vurdert. Risikovurderingen framgår i diskusjonen (kap.6).

Lang fjelltunnel (alt.5)

Farrisvannet og Larviksfjorden utgjør antagelig en regional forkastnings- eller svakhetszone. Det er alltid fare for vannlekkasjer i slike geologiske områder. Tunnelstrekningen ved Farriseidet er 750 m. Dersom akviferen strekker seg ut til tunneltraséen, vil vannlekkasjer i tunnelen representere en fare for at akviferen kan bli påvirket. Med utgangspunkt i vannballansen, ser vi at lekkasjer på ca. 50 liter/time pr. m i tunnelen tilsvarer vannføringen i akviferen. Dersom akviferen er i direkte kontakt med berggrunnen vil lekkasjer på 5 l/time/tunnel meter påvirke akviferen. Det er mulig å unngå slike lekkasjeverdier ved godt planlagte injeksjonsarbeider, men dersom fjelloverdekningen blir liten (vesentlig mindre enn de 60 m som er indikert på de tilsendte skissene fra Vegvesenet), bør man være oppmerksom på at det hydrauliske trykket i akviferen ikke er mer enn 6-8 m o.h. (ca. 60-80 kPa). I infiltrasjonsområdet resulterer akviferen i et undertrykk, ikke et overtrykk slik den gjør i utstrømningsområdet. Nennsom injeksjon er derfor påkrevd for å unngå at for mye tetningsmasser presses inn i løsmassene. De seismiske undersøkelser som gjennomføres i Farrisvannet gir forhåpentlig svar på utbredelsen av akviferlaget. I motsatt fall bør sonderboringer⁹ vurderes i nærheten av tunneltraséen.

Tunnel-Bøkeskogen, Bru-Farriseidet, Tunnel-Martineåsen (alt.6C)

Det går ikke klart fram hvordan brua over Farriseidet skal fundamenteres. Dersom det blir ett spenn over hele Farriseidet, med fundamenter i fast fjell, vil dette alternativet ikke påvirke akviferen. Dersom akviferen infiltreres fra Farrisvannet, må eventuelle fundamenteringer i vannet sikres for å unngå lokal forhøyet infiltrasjon. De to seksjonene med løsmassetunneler øst for Farriseidet vil ikke representere noen fare for akviferen.

Tunnel-Bøkeskogen, Tunnel-Farriseidet, Tunnel-Martineåsen (alt.12)

På det laveste punktet i terrenget vil løsmassetunnelen være ca. 10 m under terrengoverflaten. I dette området vet vi det er overkonsoliderte løsmasser (se kapittel 3). I nærmeste løsmassebrønn befinner akviferen seg på under 63 m under havnivå. På det laveste punktet vil løsmassetunnelen være 20 m over havnivå. Ut fra de dataene vi har, er det all grunn til å hevde at dette alternativet ikke representerer noen fare for verken vannbalansen eller vannkvaliteten i akviferen.

⁹ En sonderboring er en boring som på bakgrunn av for eksempel borhastigheten sier noe om de løsmassene en borer igjennom.

Sluttrapport fra arbeidsgruppen for vurderinger av forholdet mellom ny E-18 og Farriskildene

Andre momenter av betydning

Det springende punktet i sannsynlighetsvurderingen er infiltrasjonsprosessen i Farrisakviferen. Infiltrasjonsmekanismen henger sammen med utstrekningen av akviferen mot Farrisvannet. P.g.a. vannkvaliteten i Farrisakviferen vet vi at ferskvannet må gå gjennom en viss mektighet med finkornede marine sedimenter. Vi vet ikke om det er en gradvis lateral (sideveis) overgang fra lavpermeable til høypermeable masser, eller om akviferen strekker seg ut under deler av Farrisvannet. Dersom det er en gradvis overgang, kan det godt hende at det ikke finnes løsmasser med akviferkarakter ved Farriseidet. I så fall vil ikke inngrep i løsmassene ved Farriseidet representere noen reell fare for Farrisakviferen. Hvis det derimot er en sammenhengende akvifer fra kildeuttak til infiltrasjonsområdet under Farrisvannet, bør man unngå at akviferen penetreres. En ev. penetrasjon behøver ikke være fatal for akviferen, men man må sørge for at penetrasjonen plugges. Trykkmålingene viser at den viktigste infiltrasjonen i akviferen henger sammen med vannivået i Farrisvannet. Hvordan denne prosessen skjer, har vi derimot ikke godt nok datagrunnlag til å forklare på dette tidspunktet.

6. DISKUSJONER

I mandatet fra Vegvesenet står det at arbeidsgruppen skal: ”Synliggjøre på et overordnet nivå hvilke risikoer som kan foreligge for Farriskilden ved bygging / bruk av ulike typer nedsenkede løsninger og tunneler som er aktuelle for ny E18 ved Farriseidet.” I denne rapport er risiko definert som sannsynlighet x konsekvens.

Vi har løst denne oppgaven ved å systematisere tilgjengelig informasjon som vi har fått tilgang til dels fra Ringnes og dels fra Vegvesenet. Denne informasjonen er supplert med trykkmålinger i et tidsrom på 6 uker. Begrepet ”på et overordnet nivå” innebærer med andre ord at det ikke er gjort noen detaljert hydrogeologisk kartlegging av akviferen. Dette gjelder spesielt den øvre delen av Hammerdalen. Arbeidsgruppen har hatt flere felles møter hvor problemstillingen og data-analysen har blitt diskutert.

Basert på den informasjon vi har tilgjengelig, er det ikke avdekket noen avgjørende forhold som tilsier at videre utredning av ulike typer nedsenkede løsninger og tunneler bør begrenses. Vi anser derfor sannsynligheten for påvirkning av Farriskilden for de spesifiserte alternativene som lav.

Vurdering av sannsynlighet for påvirkning av Farriskilden:

A) Basert på strømmingssimuleringer

Lang fjelltunnel (alt.5)

Farrisvannet og Larviksfjorden utgjør antagelig en regional forkastnings- eller svakhetszone. Det er alltid fare for vannlekkasjer i slike geologiske områder. Tunnelstrekningen ved Farriseidet er 750 m. Dersom akviferen strekker seg ut til tunneltraséen, vil vannlekkasjer i tunnelen representere en viss fare for akviferen. Med utgangspunkt i vannballansen ser vi at lekkasjer på ca. 50 liter/time pr. m i tunnelen tilsvarer vannføringen i akviferen. Dersom akviferen er i direkte kontakt med berggrunnen vil lekkasjer på 5 l/time/tunnel meter representere en fare for at kilden blir påvirket. Det er mulig å unngå slike lekkasjeverdier ved godt planlagte injeksjonsarbeider, men dersom fjelloverdekningen blir liten (vesentlig mindre enn de 60 m som er indikert på de tilsendte skissene fra Vegvesenet), bør man være oppmerksom på at det hydrauliske trykket i akviferen ikke er mer enn 6-8 m o.h. (ca. 60-80 kPa). I infiltrasjonsområdet resulterer akviferen i et undertrykk, ikke et overtrykk slik den gjør i utstrømningsområdet. Nennsom injeksjon er derfor påkrevd for å unngå at for mye tetningsmasser presses inn i løsmassene. De seismiske undersøkelsene som gjennomføres i Farrisvannet gir forhåpentlig svar på utbredelsen av akviferlaget. I motsatt fall bør sonderboringer vurderes i nærheten av tunneltraséen.

Tunnel-Bøkeskogen, Bru-Farriseidet, Tunell-Martineåsen (alt.6C)

Det går ikke klart fram hvordan brua over Farriseidet skal fundamenteres. Farriskilden blir ikke påvirket av brufundamenter i fast fjell ved Farriseidet. Dersom akviferen infiltreres vesentlig fra Farrisvannet, vil ikke Farriskilden bli påvirket av de to seksjonene med løsmassetunneler øst for Farriseidet.

Sluttrapport fra arbeidsgruppen for vurderinger av forholdet mellom ny E-18 og Farriskildene

Tunnel-Bøkeskogen, Tunnel-Farriseidet, Tunnel-Martineåsen (alt.12)

På det laveste punktet i terrenget vil løsmassetunnelen være ca. 10 m under terrengoverflaten. I dette området vet vi det er overkonsoliderte løsmasser. I nærmeste løsmassebrønn befinner akviferen seg på under 63 m under havnivå. På det laveste punktet vil løsmassetunnelen være 20 m over havnivå. Ut fra de dataene vi har, er det all grunn til å hevde at dette alternativet ikke representerer noen risiko for verken vannbalansen eller vannkvaliteten i akviferen.

Andre momenter av betydning

Det springende punktet i risikovurderingen er infiltrasjonsprosessen i Farrisakviferen. Infiltrasjonsmekanismen henger sammen med utstrekningen av akviferen mot Farrisvannet. P.g.a. vannkvaliteten i Farrisakviferen vet vi at ferskvannet må perkolere gjennom en viss mektighet med finkornede marine sedimenter. Vi vet ikke om det er en gradvis lateral overgang fra lavpermeable til høypermeable masser, eller om akviferen strekker seg ut under deler av Farrisvannet. Dersom det er en gradvis overgang, kan det godt hende at det ikke finnes løsmasser med akviferkarakter ved Farriseidet. I så fall vil ikke inngrep i løsmassene ved Farriseidet påvirke Farrisakviferen. Hvis det derimot er en sammenhengende akvifer fra kildeuttak til infiltrasjonsområdet under Farrisvannet, bør man unngå at akviferen penetreres. En ev. penetrasjon behøver ikke være fatal for akviferen, men man må sørge for at penetrasjonen plugges. Trykkmålingene viser at den viktigste infiltrasjonen i akviferen henger sammen med vannivået i Farrisvannet. Hvordan denne prosessen skjer, har vi derimot ikke godt nok datagrunnlag til å forklare på dette tidspunktet.

B) Basert på geologiske forhold

1. Fjelltunnel under Farrisvannet vil krysse en markert regional sprekkesone i fjell. Grunnvann i denne sprekkesonen vil kunne stå i kontakt med grunnvann som kommer fram i artesiske kilder i nedre del av Hammerdalen. Det er liten grunn til å anta at aktuelle inngrep vil gi endringer i hydrokjemiske forhold. Det er heller ikke grunn til å anta at inngrep vil gi endringer i trykk- og strømningsforhold. Dette er imidlertid forhold som må vurderes på et mer omfattende datagrunnlag ved en detaljert konsekvensvurdering.
2. Miljøttunnel ved Bøkeskogen og Farriseidet vil i utgangspunktet kun berøre øvre lag av morenemasser over underliggende akvifer som ligger på stort dyp. Løsmasseforholdene ned til inngrepsdybde er ikke undersøkt i anleggsområdet. Det kan forekomme vannførende lag i moremassene og det kan være avsatt subglasiale eskermasser inn mot fjell på begge sider av Farriseidet og ved Bøkeskogen.

Det er liten grunn til å anta at aktuelle inngrep vil komme i kontakt med vannførende lag, verken vannførende lag i morenemassene eller eskeravsetninger mot fjell. Det er også liten grunn til å anta at eventuelle vannførende lag i inngrepsområdet vil stå i kontakt med grunnvann som kommer fram i artesiske kilder i nedre del av Hammerdalen. Dette er imidlertid forhold som må vurderes på et mer omfattende datagrunnlag ved en detaljert konsekvensvurdering.

Det er grunn til å anta at aktuelle inngrep kan gi endringer i hydrokjemisk, trykk- og strømningsforhold i de vannførende lag som direkte berøres av anleggsinngrep.

3. Fjelltunnel i Martineåsen vil ikke krysse sprekkesoner som det er grunn til å anta står i kontakt med artesiske kilder i nedre del av Hammerdalen. Forhold bør vurderes på et mer omfattende datagrunnlag ved en detaljert konsekvensvurdering.

Konsekvensvurdering basert på erfaringer med Farriskilden

Det er grunn til å påpeke at akviferen som helhet er av en særdeles kompleks natur. Basert på tilgjengelig informasjon kan vi slå fast at det er en sammenheng mellom løsmassene nordover Hammerdalen mot Farrisvannet og Farriskilden. Dette gjelder både kvantitativt (vannbalansen) og kvalitativt (hydrogeokjemi). Denne delen av akviferen er ikke kartlagt for en detaljert vurdering av sårbarhet og risiko.

I den sammenheng er det grunn til å understreke at Farriskilden må vurderes ut fra strenge kvalitetskrav til naturlig mineralvann. Her vil evt. en direkte eller indirekte påvirkning på akviferen, hydrologisk, hydraulisk eller hydrokjemisk, kunne gi store konsekvenser for Ringnes.

I tråd med vårt mandat vil vi derfor presisere at utvidede undersøkelser av løsmasseavsetningene og grunnvannsforholdene i utbyggingsområdet og relasjoner til akviferen bør inngå i videre utredning for traséalternativene som opprettholdes. Omfang av slik utredning bør tilpasses aktuelt alternativ, og omfatte anleggstekniske forhold som kan få konsekvenser for akviferen.

7. KONKLUSJON

Arbeidsgruppen har på et overordnet nivå, vurdert hvilke risikoer som kan foreligge for Farriskilden ved bygging / bruk av ulike typer nedsenkede løsninger og tunneler som er aktuelle for ny E18 ved Farriseidet. De alternativene vi har vurdert gjelder: ”Cut and cover” ved Farriseidet, halvveis nedsenket ”cut and cover” ved Bøkeskogen, fjelltunnel i Martineåsen, samt andre momenter av betydning.

Våre konklusjoner er som følger:

1. Statens Vegvesen Region Sør kan gå videre med sitt arbeid med utredninger av de nevnte alternativene.
2. Generelt ansees sannsynligheten for påvirkning av akviferen som lav.
3. Datagrunnlaget er tilstrekkelig for vår vurdering av risikoen på et overordnet nivå.
4. Vi gjør oppmerksomme på at eventuelle endringer i akviferen kan få store konsekvenser for Ringnes.

o O o

Oslo / Ås / Larvik
12.01.06

Arbeidsgruppen for risikovurdering av Farrisakviferen

Øyvind Grimslund
Per Kraft
Elisabeth Gundersen
Nils-Otto Kitterød

VEDLEGG 1

MANDAT FOR ARBEIDSGRUPPEN

- Synliggjøre på et overordnet nivå hvilke risikoer som kan foreligge for Farriskilden ved bygging / bruk av ulike typer nedsenkede løsninger og tunneler som er aktuelle for ny E18 ved Farriseidet.
- Utredningen skal omfatte følgende delelementer:
 - ”Cut and cover” ved Farriseidet
 - Halvveis nedsenket ”cut and cover” ved Bøkeskogen
 - Fjelltunnel i Martineåsen
 - Evt. andre momenter av betydning
- Utredningen baseres hovedsakelig på allerede tilgjengelige data, enkle undersøkelser i felt kan vurderes underveis.
- Gruppen skal rapportere til Statens Vegvesen senest 30.11.05.

1.9.05