

Bygging av ny E-18 over Farriseidet: Fare for forurensning av drikkevannsinntakene i Farris



RAPPORT

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

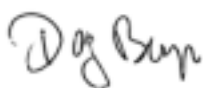
Tittel Bygging av ny E-18 over Farriseidet: Fare for forurensning av drikkevannsinntakene i Farris	Løpenr. (for bestilling) 6464-2013	Dato 10.01.2013
	Prosjektnr. Undernr. 12343	Sider Pris 35
Forfatter(e) Dag Berge, Torulv Tjomsland, og Magdalena Kempa	Fagområde VRF	Distribusjon FRI
	Geografisk område Vestfold	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Statens Vegvesen Sør	Oppdragsreferanse Anne Kari Trøan
--	--------------------------------------

Sammendrag

Det er gjennomført beregninger og modellsimuleringer av i hvilken grad anleggsvirksomheten i forbindelse med å lage ny E-18 over Farriseidet vil kunne forurense vanninntakene til Larvik og Omegn Vannverk (LOV), og Vestfold Interkommunale Vannverk (VIV). Det er først og fremst tilgrusning fra avrenning av sølevann (leire og boreslam) som vil være problemet, og at dette kan skape problemer for vannbehandlingen. Selve grumset er ikke giftig. Det er simulert tre scenarier, der 1) er om vannhåndteringen går etter planen, 2) vannhåndteringen går bare sånn halvveis etter planen, og 3) er et «worst case scenario» det kommer et skybrudd av en ukes varighet (400 mm) under innsjøens høstsirkulasjon under scenario 2. Det er tatt utgangspunkt i at man ikke kan akseptere mer enn 1 mg/l partikulært materiale i vanninntakene. Man få ha scenario 3 for å få så høy partikkelkonsentrasjon i vanninntaket til det nærmeste vannverket, LOV. Sannsynligheten for at dette skal skje, er imidlertid svært liten. Det ser med andre ord ut til at anleggsvirksomheten ikke vil medføre problemer for vannverkene forutsatt at man gjør vannhåndteringen slik man har beskrevet/fortalt oss forut for denne simuleringen.

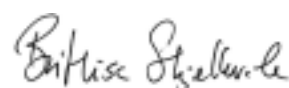
Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Vegbygging	1. Road construction
2. Tunnelbygging	2. Tunnel blasting
3. Vannforurensning	3. Water pollution
4. Strøm og spredningssimulering	4. Current- and dispersion simulation



Dag Berge
Prosjektleder



Karl Jan Aanes
Forskningsleder



Brit Lisa Skjelkvåle
Forskningsdirektør

Bygging av ny E-18 over Farriseidet

**Fare for forurensning av drikkevannsinntakene i
Farris**

Forord

Rapporten presenterer resultatene fra beregninger og simuleringer for å finne ut om vannverksinntakene i Farrisvannet blir forurenset av anleggsvirksomheten i forbindelse med bygging av ny E-18 over Farriseidet.

Oppdragsgiver har vært Statens Vegvesen Sør, og oppdragsgivers kontaktperson har vært Anne Kari Trøan. Beregningene av tilførslene fra de ulike byggegropene, tunneltraseer og vegtraseer er utført av limnolog Dag Berge, som også har vært NIVAs prosjektleder for prosjektet. Simuleringen av hvordan forurensningen vil spre seg oppover mot drikkevannsinntakene, er utført av hydrologene Torulv Tjomsland og Magdalena Kempa, begge fra NIVA.

Alle takkes for godt samarbeid.

Oslo, 10.01.2013

Dag Berge

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
2. De ulike veg-strekninger og kort om planlagt vannhåndtering	8
3. Simulert spredning i Farris	14
3.1 Model og inputdata	14
3.2 Generelt om strøm- og temperaturforhold	18
3.3 Scenario 1. Det ideelle hvor all vannhåndtering fungerer etter planen	20
3.4 Scenario 2. Vannhåndteringen fungerer bare ca. 50 % etter den teoretiske planen	23
3.4.1 Scenario 3. I verste fall scenario	32
4. Diskusjon og konklusjoner	34
5. Litteratur	35

Sammendrag

Det er gjennomført beregninger og modellsimuleringer over hvor mye tilgrumsing og eventuell annen forurensning man kan få i Farrisvannet som følge av byggingen av ny E-18 over Farrisidet. Det er ca. 5,5 km veistrekning som drenerer mot Farris, og det er snakk om å lage tre fjelltunneler og tre løsmassetunneler og en bru, samt noe vanlig vegstrekning. Vår oppgave var i utgangspunktet å anvende strøm- og spredningsmodeller til å beregne hvor langt oppover mot vannverkene man kunne forvente tilgrumsing og forurensning basert på vegvesenets egne beregninger av avrenning fra anleggsvirksomheten. Det har imidlertid ikke vært mulig å få vegvesenets geoteknikere, eller deres tekniske konsulenter til å gjøre noen slike tilførselsberegninger, slik at vi har utført dette selv på bakgrunn av muntlig beskrivelse, samt noe beskrivelse per e-post, av hvordan de tenker seg vannhåndteringen i forbindelse med anleggsarbeidet. Vi har også fått en del opplysninger om kornfordeling på de massene de skal grave i. Denne har vi lagt til grunn i beregningene.

Vi har gjort tilførselsberegninger og strøm- og spredningssimuleringer av tre alternativer (scenarier), nemlig 1) at vannhåndteringen går etter planen, 2) at vannhåndteringen går bare sånn halvveis etter planen, og 3) et «worst case scenario» der det kommer et «syndflod-regnvær» under høstsirkulasjonen på toppen av scenario 2.

Under scenario 1 og 2 ville ingen av vannverkene, hverken Larvik og Omegn Vannverk (LOV), som er nærmest, eller Vestfold Interkommunal Vannverk (VIV) oppleve tilgrumsing som vil medføre problemer for drikkevannskvaliteten eller for vannbehandlingen. Konsentrasjonen av parikulært materiale fra anleggsvirksomheten vil hele tiden være under 1 mg/l (tilnærmet lik 1 FNU som er drikkevannsforskriftens grenseverdi) selv ved inntaket til LOV. Først når vi legger på en ukes «syndflod-regnvær» i månedsskiftet november/desember på toppen av alternativ 2, kan man få konsentrasjoner opp i 1 mg/l i LOVs inntak. Det er nokså usannsynlig at man skal få et så kraftig regnvær på denne tiden, som nærmest er halve årsnedbøren på en uke. Det skal bemerkes her at vi ikke har tatt hensyn til eventuelle dempende effekter av siltgardiner, noe man tenker å benytte i Kilen, utenfor vegen i bukta i sydenden av Farris, samt muligens i Dammenbukta. Dette vil trolig redusere spredningen av partikler noe mer enn det vi har lagt til grunn, men det har ikke vært mulig å beregne denne reduksjonen.

Høyst sannsynlig greier man vannhåndteringen bedre enn i scenario 2, slik at vi føler oss nokså sikre på at ikke vanninntakene vil bli særlig berørt av anleggsvirksomheten. Dette forutsetter at det ikke er mer leire i massene man skal grave i enn det vi har fått opplyst. Det er først og fremst leire, samt boreslam fra tunneldrivingen som kan bre seg så langt oppover innsjøen som til vannverksinntakene.

Summary

Title: Construction of new E-18 highway across Lake Farrisvatn, and risk of contamination of the drinking water intakes in the lake

Year: 2012

Author: Dag Berge, Torulv Tjomsland and Magdalena Kempa

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6199-8

A study of the risk of polluting the drinking water intakes of Larvik waterworks (LOV) and Vestfold inter-municipal waterworks (VIV) by the construction activities confined with the building of the new four lane highway, E-18, across the outlet area of Lake Farrisvatn, is carried out. It is first of all the increase in turbidity that can create problems for the water treatment process in the water works (UV-disinfection). No other pollutants from the construction activities are of concern for the drinking water intakes.

Three scenarios have been simulated: 1) The construction work and water handling are done successfully according to the plan, 2) The water handling faces large, unexpected problems and is done only 50 % according the plan, and 3) The water handling goes according to scenario two, and in addition there comes an extremely rainy week (half annual precipitation) in the lake turnover period in late autumn the last year of the construction phase (“Worst case scenario”).

Maximum allowable concentration of particles in the water intakes are set to 1 mg suspended solids per litre. We need to have scenario 3 to exceed that concentration in the nearest water intake (LOV). The likelihood of scenario 3 is very low. Most likely the real situation will be relatively close to scenario 1. In addition to the water handling measures taken into account in our estimates, there will also be deployed floating silt curtains in the lake outside the construction areas. These will also reduce the spreading of suspended particles somewhat.

We are confident with our estimates being realistic, and, if slightly wrong, they are biased to the upside. This means that we don't expect any problems for the water works due to the building of the new four lane E-18 highway, provided that the planned water handling measures are taken.

1. Innledning

Statens Vegvesen bygger ut ny E-18 i søndre Vestfold og skal i gang med strekningen forbi Farrisvannet, se **Figur 1**. Arbeidet her vil pågå i perioden 2013-2016. Farrisvannet er en svært viktig drikkevannskilde, for Vestfold Interkommunale Vannverk, for Larvik og omegn vannverk, og for Porsgrunn vannverk. Vannverkseierne og Mattilsynet er sterkt opptatt av at drikkevannsinntakene ikke forurenses av anleggsarbeidene, og har gitt vegvesenet pålegg om å utføre arbeidet på en slik måte at dette ikke skjer. Vegvesenet planlegger ulike former for vannoppsamling, vannbehandling, samt pumping av «sølevann» fra anleggsfasen ut av Farrisvannets nedbørfelt. Imidlertid ligger hele den aktuelle vegstrekningen innenfor Farrisvannets nedbørfelt, så noe «sølevann» vil nokså sikkert renne ned til Farris, selv om man gjør tiltak.

I denne anledning har vegvesenet engasjert NIVA til å gjøre strøm- og spedningsmodelleringer i Farris som vil sannsynliggjøre om det vil kunne skje noen forurensning av drikkevannsinntakene som følge av anleggsarbeidene. Vi er bedt om å gjøre beregninger av et «**i verste fall scenario**», dvs. ekstremvær og det mest går galt med den planlagte vannhåndteringen, «**mest ideelle fall**», dvs. vegvesenets planlagte tiltak virker 100 % hele tiden, samt det «**mest tenkelige**» fall, dvs. at tiltakene virker sånn noenlunde, men at det oppstår en del driftsproblemer med pumper, spunter og sedimenteringsdammer, som følge av kraftig nedbør, snøsmelting etc.



Figur 1. Den aktuelle strekningen av E-18 som teoretisk kan forurensse Farrisvannet under anleggsperioden. Kartgrunnlag: Kartverkets «Norgeskartet»

Vegvesenet skulle i utgangspunktet gi oss informasjon om hvor mye «sølevann» som vil komme ut i Farrisvannet fra de ulike anleggsområdene, slik at vi kunne konsentrere oss om å finne ut av om noe av dette kunne spre seg videre utover mot drikkevannsinntakene. Nå har det vist seg at vegvesenets hydrogeologer og geoteknikere, likeså deres hovedkonsulent Rambøll, har store vanskeligheter med å anslå dette, og noen endelige slike oppgaver har ikke blitt gjort tilgjengelig for oss. NIVA ble derfor bedt om også å anslå dette så godt som mulig selv, basert på det vi har fått vite om hvordan man tenker seg vannhåndteringen i de ulike delstrekninger, og ulike anleggsvirksomheter. Man har fortsatt ikke valgt endelig metode for alle sider av anleggsarbeidet, eller endelig valg og utforming av vannbehandling i de ulike byggegrøpene. Dette fører til at NIVAs anslag over mengde sølevann som kan komme til Farris, vil bli nokså grove.

2. De ulike veg-strekninger og kort om planlagt vannhåndtering

Hele det nye vegområdet fra Breimyr (mellom Farris og Lågen) til Sky syd for Farris, drenerer mot Farrisvannet, se **Figur 2**. Den aktuelle vegstrekningen som drenerer mot Farris er ca. 5,5 km. Mesteparten av strekningen vil gå i tunneler av ulike slag, som anvist på **Figur 1**, samt at det vil bygges en bru over utløpsbukta av innsjøen, se **Figur 4** og **Figur 5**. Vi har ikke fått noen samlet beskrivelse av hvordan de har planlagt vannhåndteringen i de aktuelle delstrekningen, noe som gjør at vi må gjøre en del antakelser basert på samtaler og e-mailer fra Vegvesenets saksbehandler.



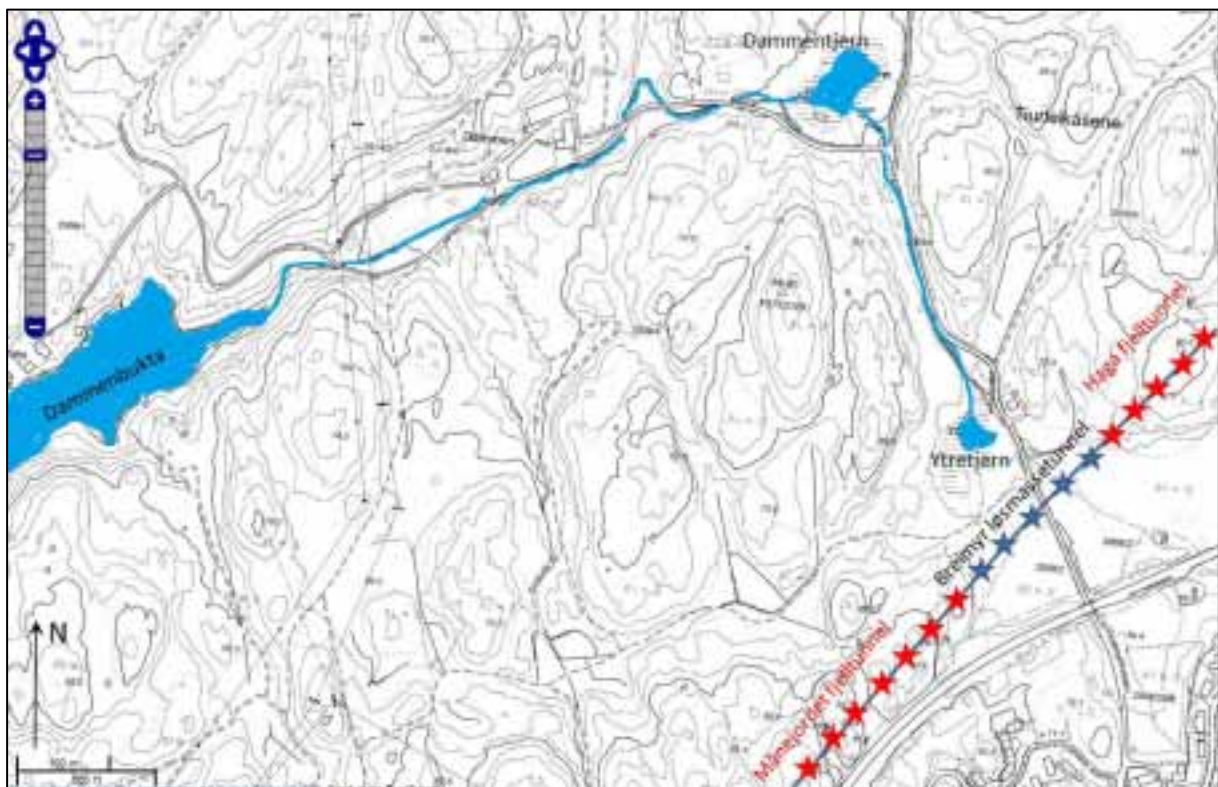
Figur 2. Området nord for den røde linjen syd for E-18 drenerer naturlig mot Farrisvannet, dvs. er en del av Farrisvannets nedbørfelt. Den nye traseen er tegnet omtrentlig inn etter Vegvesenets anleggs-kart. Kartgrunnlag: NVE Atlas.

Hagafjell tunnelen

Hagafjell tunnelen ligger delvis i Lågens nedbørfelt og delvis i Farris sitt nedbørfelt. Denne tunnelen vil drives fra nord, og alt vann vil pumpes til Lågen. Denne tunnelen anses som uproblematisk for Farris.

Breimyr løsmassetunnel

Her skal det lages en vanntett betongtunnel gjennom løsmassene. Dette området anses av vegvesenet som et problemområde. Vannet herfra drenerer naturlig ned til Ytretjern, derfra videre til Dammentjern og videre ned Dammenbekken til Dammenbukta i Farris, som ligger like innenfor drikkevannsinntaket til Larvik og Omegn Vannverk (LOV), se **Figur 3**. Rambøll (Helgestad et al 2012) har laget et notat om de hydrogeologiske og geologiske forholdene for Breimyr/Ytretjernområdet nærmere bestemt for å beregne vannmengder som vil strømme inn i byggegropa på Breimyr. Byggegrova har et nedbørfelt på 185 dekar. Vanntilførselen vil komme hovedsakelig som overflateavrenning og nedbør direkte i gropa. Grunnvannsinnsig vil være av mindre betydning. I henhold til Rambølls notat er løsmassene i dette området vesentlig myrortov som ligger oppå morene.



Figur 3. Breimyrområdet drenerer til Dammenbukta i Farrisvannet via et lite vassdrag som har to små tjern. Tunneltraseene er omtrentlig tegnet inn etter vegvesenets anleggstegninger. Kartgrunnlag Statens kartverks «Norgeskartet».

I utgangspunktet skal sølevannet herfra pumpes etter sedimentering over til Langmyrfeltet som drenerer naturlig mot Lågen. Rentvannet vil renne mot Ytretjern og mot Farris. Det kan tenkes at

pumpene kan stoppe i perioder slik at sølevannet også går mot Ytretjern, eller at det blir ekstreme nedbørmengder som gjør at deler av sølevannet går mot Ytretjern.

Månejordet fjelltunnel

Månejordet fjelltunnel ligger i sin helhet i Farrisvannets nedbørfelt. Man tenker å drive nordfra og alt driftsvann og innlekkingsvann og medfølgende forurensninger pumpes over til Lågens nedbørfelt. Det skal derfor ikke komme noe vann til Farris herfra.

Bøkeskogen løsmassetunnel

Det lages en vanntett betongtunnel som koples på Månejordet fjelltunnel og som kommer fram i dagen ved Farrisvelta, se **Figur 1**, **Figur 4** og **Figur 5**.



Figur 4. Farrisbrua sett fra vest. Oversiktsbilde over nye E-18s passering av Farriseidet fra vest etter ferdigstillelse (3 D skisse fra www.vegvesen.no). Utløpet av Martineåstunnelen nederst i venstre hjørne. Gamlevegen til høyre for ny-veien, Farrisvannet til venstre, havet bakerst til høyre.



Figur 5. Farrisbrua sett fra øst. Oversiktsbilde over nye E-18s passering av Farriseidet fra øst (3-d skisse fra www.vegvesen.no). Utløpet av Bøkeskogen løsmassetunnel nederst i bildet, Farrisvannet til høyre, og havet bakerst til venstre.

Her vil det lages en byggegrop som er 10 m dypere enn Farrisvannets overflate, alt vannet fra dette anleggsområdet er tenkt ledet til denne gropa og pumpet over til Farriselva, slik at det ikke kommer noe ut i Farris. Naturlig renner det meste av dette området til Kilen i Farris, så det er nok u-unnåelig at noe også havner her. Man vil legge ut silt gardiner i Kilen og langs land i Farris for å hindre at finmateriale sprer seg utover i Farris. Men store deler av året er Kilen en travel småbåthavn for båtfolket i Farris, så siltgardiner kan muligens være problematisk her f.eks. i juli/august. Til denne byggegropa vil det nokså sikkert lekke inn mye vann fra Farrisvannet, samt en mindre del fra Bøkeskogen. Fra Farris er det anslått fra utbyggers geoteknikere at det teoretisk kan renne inn fra 7 l/s til 70000 l/s avhengige av akviferens permeabilitet. Man kjenner ikke noe til denne foreløpig, slik at denne innlekkasjen kan ikke kvantifiseres i dag. Men det høye anslaget er nok vel høyt. Det kan nevnes at avrenningen i middel fra hele Farris-siljanvassdraget er $10,6 \text{ m}^3/\text{s}$, så hvis lekkasjene er større enn dette, vil vannstanden i Farris synke til den er lik vannstanden i byggegropa, dvs. synke 10 m. Dette vil komme sterkt i konflikt både med drikkevannsinntakene og kraftverksinntaket til Treschow-Fritzøe som i dag ligger under den planlagte Farrisbrua. NIVA tror (NB tror, ikke vet) innlekkasjene maks vil dreie seg om et par-tre kubikkmeter i sekundet, noe som forøvrig også er store vannmengder å håndtere i en byggegrop.

Det er ikke noen minstevannføringslipp fra Farris til Farriselva i dag. Av de $10,6 \text{ m}^3/\text{s}$ tas ca 1,5 til vannverkene, og resten går i rør til Fitzøe kraftstasjon nesten nede ved fjorden. Vannføringen i Farriselva ovenfor utslippet fra kraftverket består i hovedsak av vannføringen fra Kleivertjernbekken, se **Figur 6**.



Figur 6. Farriselva med kraftverkstunnel og Fritzøe kraftverk. Oppstrøms utløpet fra Fritzøe kraftverk, er det bare bekken fra Kleivertjern som sørger for vannføring i Farriselva. I flomperioder kommer det også overløpsvann fra Farrisvannet (fra NVE Atlas).

Farrisbrua

Her skal det bores ned en rekke fundamenter, to store som skal holde virene for bruspenet, og en rekke mindre pilerer, se 3-D tegning av den fremtidige brua på **Figur 4** og **Figur 5**.

Med hensyn til byggemåte og vannhåndtering refererer vi her det vi har fått opplyst per e-mail 24/10-2012 av Ståle Singstad i vegvesenet:

Det skal til sammen bores 12 pilerer i akse 7. Diameter på hver pilar er 2000 mm og dybden antas å være mellom 70 og 80 m. Fundamentet vil strekke seg ut i vannet i nordlig retning. Det bores hull vertikalt i grunnen med et rør med diameter 2000 mm. Massene innvendig i røret blir grabbet ut (gravd ut) og ikke knust og blåst ut med vann og luft slik som enkelte andre metoder. Det innebærer at noen av pilarene må settes der det er vann i dag. Fundamenteringen vil imidlertid foregå inne i en spunt grop og det vil bli lagt opp til at vann/slam fra boringen skal samles inne i spuntgropa og pumpes ut. Hvordan slammet skal håndteres derfra er ikke helt bestemt ennå, men det er foreslått at det skal kjøres bort eller at det benyttes sedimenteringsbasseng med avrenning til Farriselva. Utslipp til Farrisvannet er fra vår side ikke ønskelig. Vi kommer tilbake til dette så snart vi vet hvordan vi best løser denne vannhåndteringen. Effektiv anleggstid for boringen er ca. 3 mnd. Dette forutsetter selvfølgelig at alt går som det skal. Vi må dessuten forvente ventetid mellom boring av hver armering og utstøping av pilerer og fundament inklusive.

Man tar altså sikte på å unngå at forurenset vann havner i Farrisvannet. Men noe anleggsarbeider vil foregå i strandsonen slik at noe tilgrusning blir det nokså sikkert. Man tar sikte på å bruke siltgardiner for å verne mot spredning av forurensning utover i Farrisvannet.

Martineåsen løsmassetunnel

I utløpet av Martineåsen fjelltunnel vil det bli en kort løsmassetunnel, se **Figur 1** og **Figur 4**. Vi har ikke fått noen beskrivelse av hvordan man tenker seg vannhåndteringen her, men vi antar omtrent som følger:

Her vil det bli etablert en bygge grop på samme måte som på vestsiden av utløpsbukta i Farris. Dette er bare en kort tunnel, vegstrekningen som skal lages på land er mye kortere, samt at det er kort veg til Farriselva, hvor sølevannet trolig er tenkt pumpet etter sedimentering. Vi tar utgangspunkt i at det ikke skal slippes sølevann til Farris herfra.

Martineåsen fjelltunnel

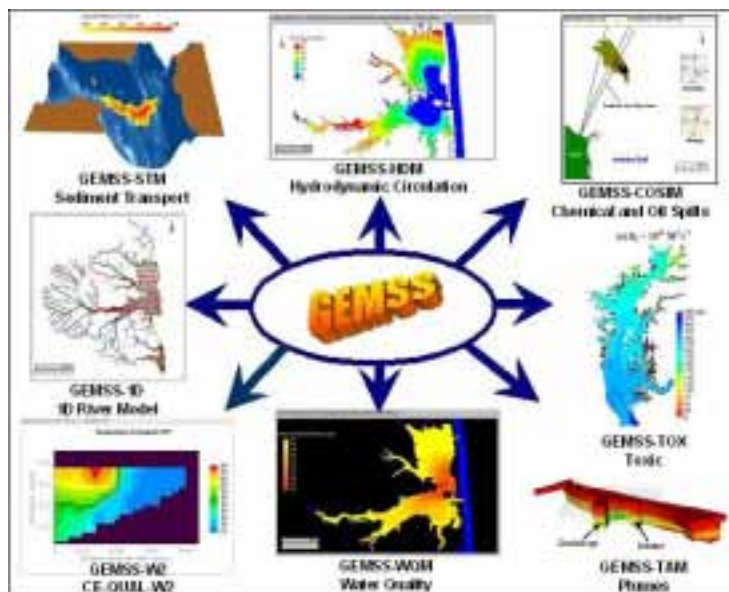
Denne tunnelen skal drives fra den øvre enden og vannet skal pumpes opp og renne mot Paulertjernene på sørsiden av Sky. Det skal ikke komme noe sølevann til Farrisvannet herfra.

3. Simulert spredning i Farris

3.1 Model og inputdata

Vi har benyttet den 3-dimensjonale modellen GEMSS. Modellen beregner strøm, temperatur, konsentrasjon av stoffer med ulike egenskaper, inkludert tarmbakterier, vannkvalitet, sedimenttransport, spredning av olje mm. Modellen beregner hva som skjer i innsjøen ut fra kjent klima, vannføring, vanntemperatur og stoffkonsentrasjon i tilløp, vannføring i utløp og vanninntak. Innsjøen ble delt inn i beregningsceller, **Figur 9**. For hver celle ble resultatene beregnet skrittvis fremover i tid.

Modellen/modellpakken er utviklet av ERM's Surfacewater Modeling Group i Exton, Pennsylvania, USA. Modellen og eksempler på bruk av modellen kan studeres nærmere på hjemmesiden <http://www.erm-smg.com>. Modellen er blant de mest avanserte som finnes. Den er jevnlig brukt verden rundt.



Figur 7. GEMSS er en pakke med modeller. I sentrum står en hydrodynamisk modell. Det er flere tilleggsmoduler, blant annet en for sedimenttransport.

Vi utførte simuleringer med meteorologiske og hydrologiske forhold som i 2008. I modellen ble det lest inn karakteristiske daglige vannføringer og meteorologiske data hver 6. time (lufttemperatur, duggpunkt temperatur, vindstyrke, vindretning, skydekke og lufttrykk). Disse dataene ble hentet fra databaser hos Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) og Meteorologisk institutt (met.no).

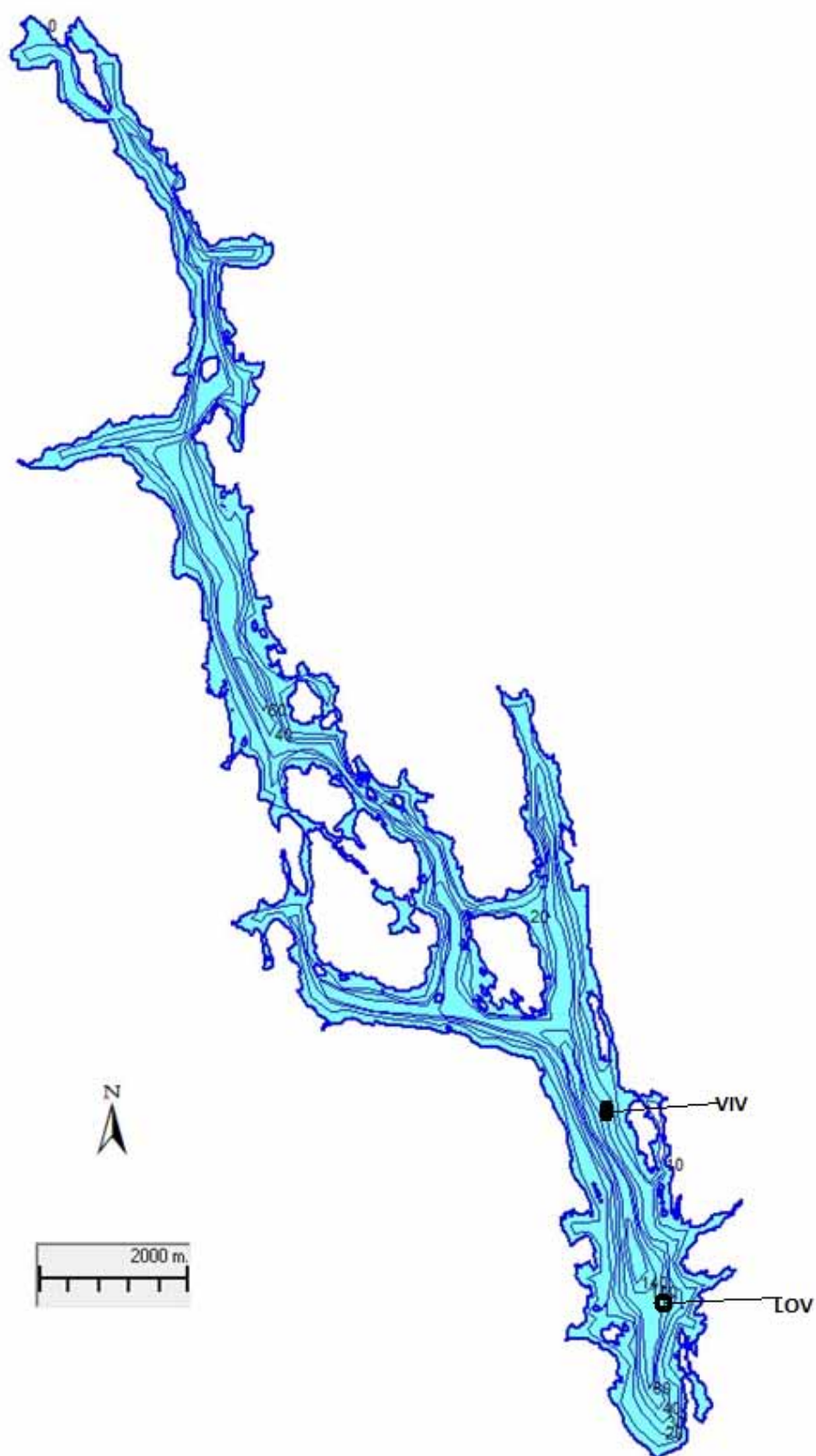
Temperaturen på vannet i tilløpselvene ble modellert ved å anta at denne temperaturen var i likevekt med klimaet på et hvert tidspunkt.

Avrenningen av slamholdig vann ble antatt å være konstant, dvs. årstilførslene ble fordelt jevnt i tid. Statens vegvesen hadde tatt prøver for analyse av kornstørrelsene i de aktuelle

områdene og dataene er oversendt oss. Dataene for løsmassene er for det meste fra bøkeskogen, samt i fra tunnelvann. Midlere kornfordeling av disse prøvene ble benyttet i modellen, **Tabell 1**.

Tabell 1. Karakteristisk kornfordeling fra løsmasser benyttet i modellen

Klasse Nr.	Klassebredde Diameter μm	Representativ Diameter μm	Andel løsmasser %	Andel tunnel %
1	0-4	2	14	85
2	4-8	6	6	15
3	8-15	10	5	
4	15-30	20	5	
5	30-50	40	7	
6	50-75	60	13	
7	75-150	100	15	
8	150-500	200	14	
9	500-10mm	1000	21	



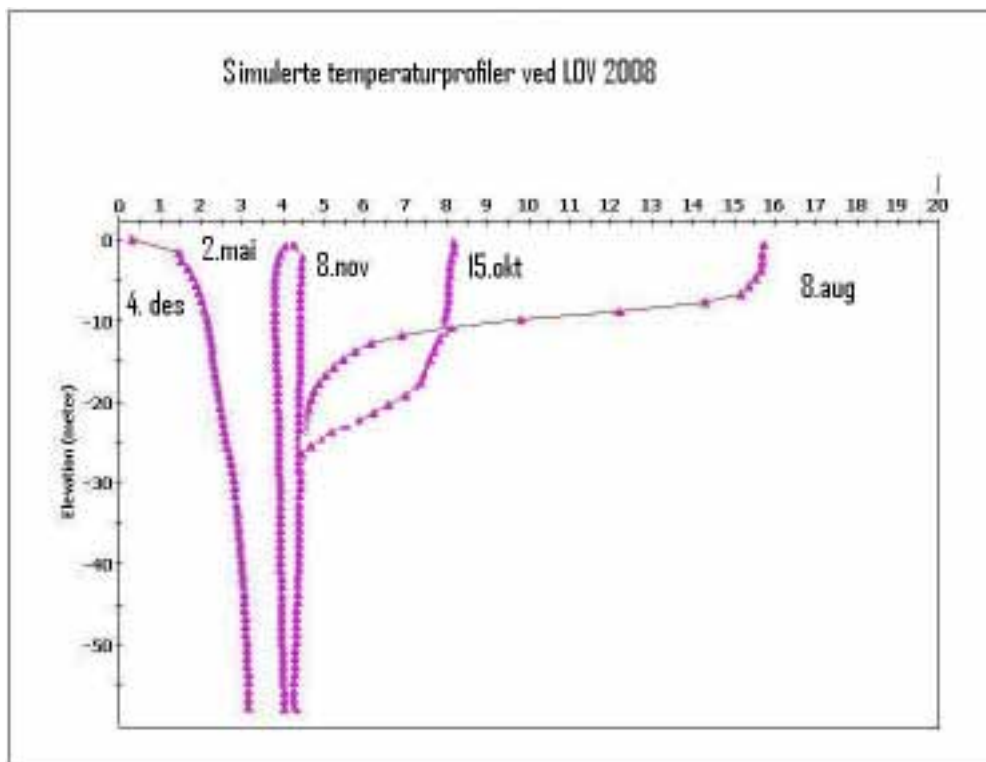
Figur 8. Dybdekart over Farris og plassering av drikkevannsinntakene til Vestfold Interkommunale Vannverk (VIV) og Larvik og Omegn Vannverk (LOV)



Figur 9. Innsjøen ble delt inn i beregningsceller. I horisontalplanet av variabel størrelse, mens vertikalt er hver celle 2 meter tykke. Celleinndelingen er helt ned til bunn av innsjøen.

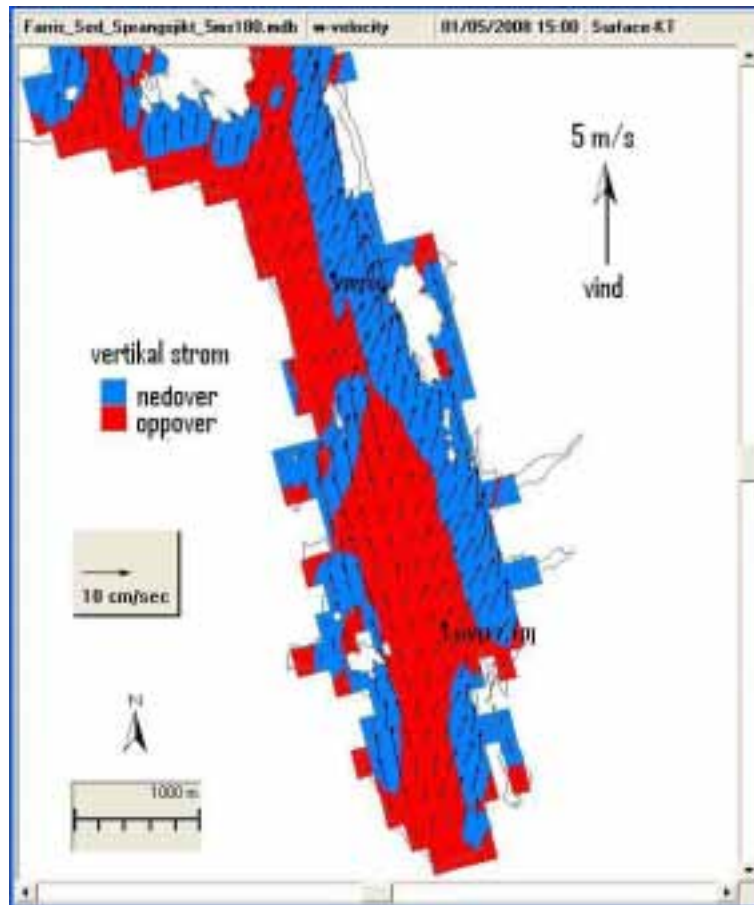
3.2 Generelt om strøm- og temperaturforhold

I alle innsjøer er det karakteristisk med varmt overflatevann om sommeren. De store tetthetsforskjellene mellom varmt overflatelag og betydelig kaldere vann under, det såkalte sprangsjiktet, motvirker vertikale bevegelser og innblandinger. Ved avkjøling utover høsten vil overflatevannet avkjøles, bli tyngre, synke nedover og bli byttet ut med varmere vann på større dyp. Dermed får vi en sirkulasjon som øker i dybde inntil hele vannsøylen oppnår maksimal tetthet ved 4 °C. Et svakere "sprangsjikt" finner sted om vinteren hvor kaldt vann danner et lettere overflatelag. Om våren øker lufttemperaturen, overflatevannet blir varmere og tyngre med påfølgende sirkulasjon inntil hele profilet igjen oppnår 4 °C. Fortsatt oppvarming gir lettere vann oppå tyngre vann og dannelse av et sprangsjikt. Høst/vinter-sirkulasjonen, som opphører ved isleggingen, kan vare i flere måneder, mens et par uker etter isgang kan være typisk varighet for vårsirkulasjonen.



Figur 10. Simulerte temperaturprofiler i Farris utenfor LOV i løpet av 2008

Et karakteristisk strømningsmønster er at vannet på overflaten får en retning noe til høyre for vinden pga. jordrotasjonen. Langs land på venstre side av vindretningen strømmer vannet fra land og blir erstattet av oppgående strømmer, **Figur 11**. Langs land i motsatte deler av innsjøen strømmer overflatevannet mot land og nedover. På større dyp blir det satt i gang kompensasjonsstrømmer i motsatt retning av overflatestrømmene. Ved små vertikale tetthetsforskjeller kan de nedgående strømmene langs land nå ned til vanninntakene på ca. 40 meters dyp.



Figur 11. Vind fra sør mot nord. Det er typisk med overflatestrømmer noe til høyre for vindretningen, oppoverrettede strømmer langs land der overflatestrømmene er rettet fra land og nedoverrettede strømmer langs land på motsatt side.

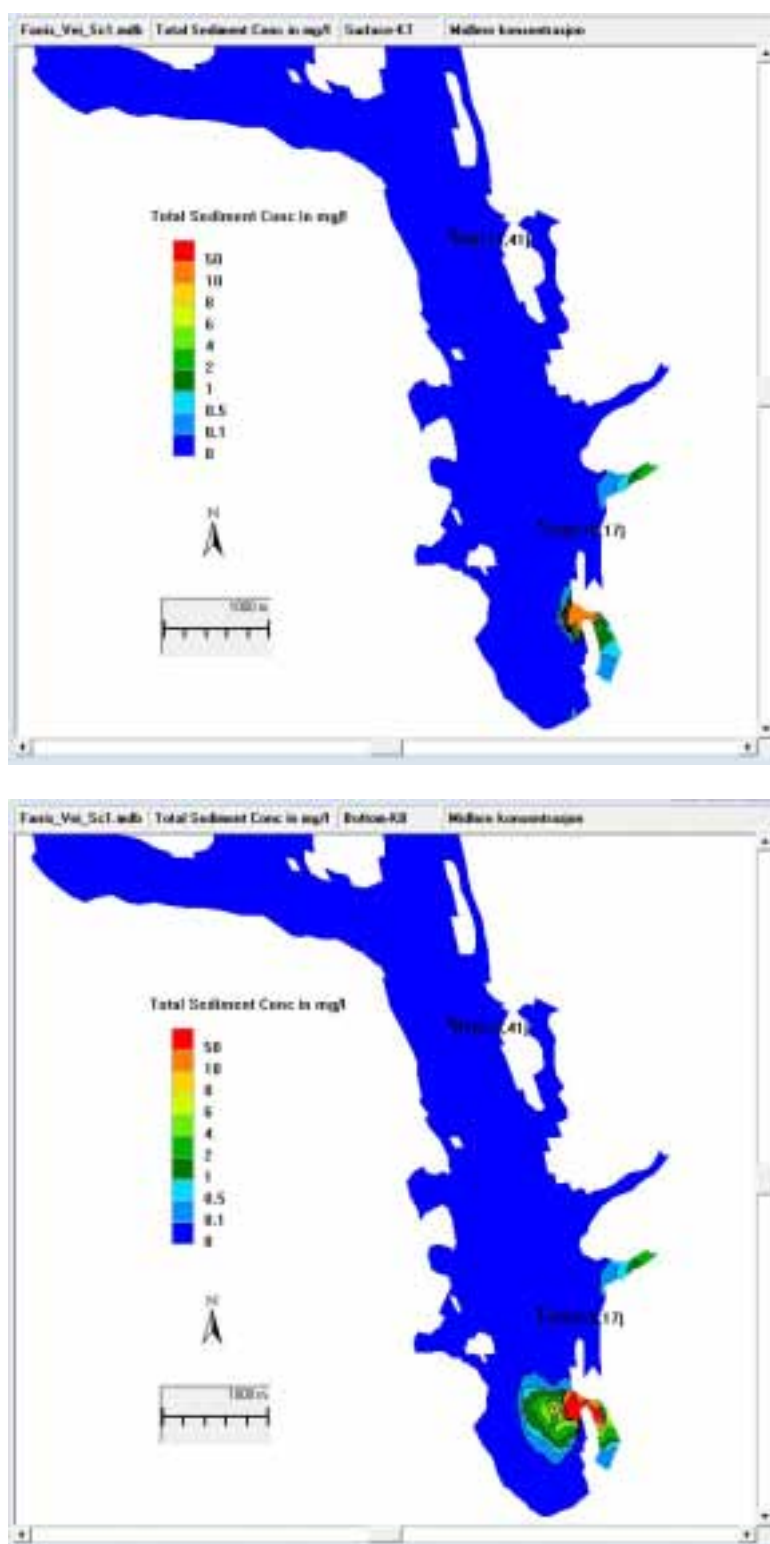
3.3 Scenario 1. Det ideelle hvor all vannhåndtering fungerer etter planen

Anslåtte tilførsler av finpartikler ved planlagt håndtering av partikkelholdig vann er vist i **Tabell 2**. Det er kun avrenning til fra Breimyr løssmassetunnel til Dammenbukta, samt fra Farrisbrua og dagveien ved Farris eidet til Kilen og til sørenden av Farris øst for utløpet. Til sammen utgjør dette 28 tonn per år, og det er antatt en jevn fordeling over året.

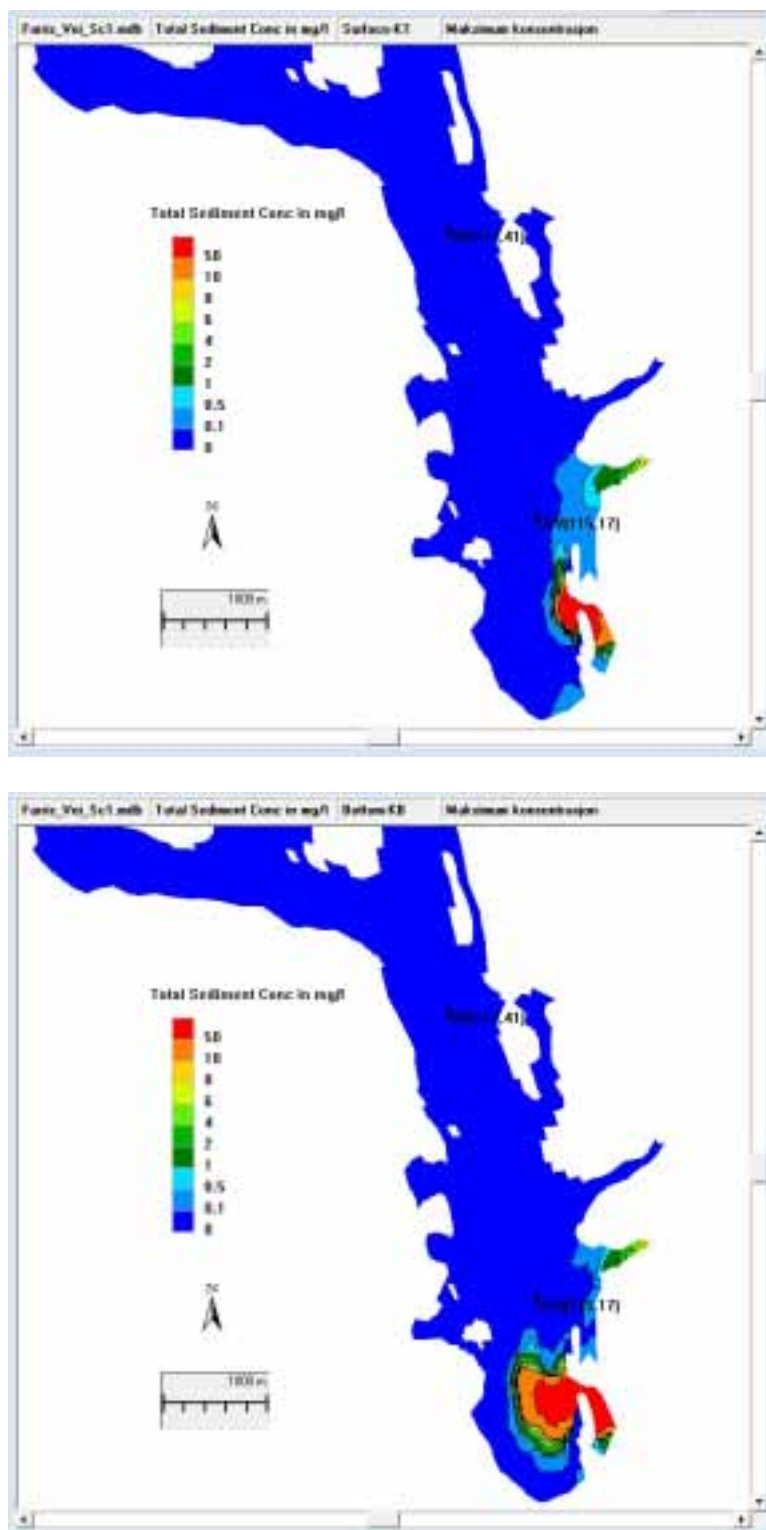
Simulert konsentrasjon av partikulært materiale i Farris gjennom anleggsperioden dersom all vandhåndtering går som planlagt, er vist i **Figur 12** (midlere konsentrasjon) og **Figur 13** (maksimal konsentrasjon). Simulerte konsentrasjoner over 1 mg/l fant sted innen 1 km fra utslippsstedene. Vannverksinntakene ble ubetydelig påvirket. Vær oppmerksom på at dybden langs bunnen kan f.eks. være 1 m langs land og 50 m lengre ut.

Tabell 2. Scenario 1. Den ideelle hvor all vannhåndtering går etter planen.

Strekning	kommentarer	Tilførsel av finpartikler til Farris i året
Hagafjell-tunnelen	Det kommer ikke noe fra Hagafjell tunnelen, hvis avrenning pumpes i sin helhet til Lågen	0
Breimyr løssmasse-tunnel	Det kommer bare rentvann herfra, alt sølevannet pumpes ut av feltet og over til Lågen. Dvs. vi antar at halvparten av avrenningen fra feltet renner mot Farris via Ytretjern og Dammentjern og at det har en turbiditet på ca 100 FNU når det forlater byggeområdet. Det regnes med at halvparten av partiklene sedimenterer gjennom vassdraget før det kommer ut i Farris. Regner videre med at arealet av anleggsområdet her er 200 da. Etter isohydatkartet i NVE atlas er spesifikk avrenning ca 15 l/sek.km ² i dette området.	5000 kg Dambukta
Månejordet fjell-tunnel	Det kommer ikke noe vann herfra i retning Farris, alt pumpes til Lågen	0
Bøksskogen løssmasse-tunnel	Det kommer ikke noe sølevann herfra ut i Farris. Alt pumpes til Farriselva.	0
Farrisbrua og dagveien ved Farris eidet	Farrisbrua og «dag-veien» på begge sider: Man lykkes i å forsegle alle fundamentene med rør og grave ut slammet av disse uten at det kommer noe ut i Farris. Noe tilgrumsing blir det imidlertid av overflateavrenning og utfylling i strandsonen etc. Vi antar at dette tilsvarer at 50 % av den lokale overflateavrenningen fra dette feltet havner i Farris med en turbiditet på 500 FNU. Arealet av anleggsområdet er ca. 180 da.	23000 kg Kilen: 25% Øst for utløpet: 75%
Martineåsen løssmasse-tunnel	Alt sølevann havner i byggegropa og pumpes til Farriselva. Ikke noe havner i Farris.	0
Martineåsen fjell-tunnel	Denne drives fra øvre enden og alt vann, både driftsvann og innlekkingsvann pumpes tilbake slik at det renner mot Paulertjernene og ikke mot Farris.	0
Sum	Sum finslam per år til Farris	28000 kg



Figur 12. Midlere konsentrasjon av partikulært materiale i Farrisvannet i anleggsperioden om vannhåndteringen går som planlagt, øvre panel viser overflaten, mens nedre panel viser resultatene 1m over bunnen, i de andre sjiktene vil verdiene ligge i mellom. Simulerte konsentrasjoner over 1 mg/l fant kun sted innen 1 km fra utslippsstedene. Vannverksinntakene ble ubetydelig påvirket.



Figur 13. Maksimum konsentrasjon av partikulært materiale i Farrisvannet i anleggsperioden om alt går som planlagt, øvre panel viser overflaten, og nederste viser en meter over bunnen, spredning i de andre dybdesjiktene blir liggende i mellom. Simulerte konsentrasjoner over 1 mg/l fant kun sted innen 1 km fra utslippsstedene. Vannverksinntakene ble ubetydelig påvirket.

3.4 Scenario 2. Vannhåndteringen fungerer bare ca. 50 % etter den teoretiske planen

Det er neppe realistisk at all vannhåndteringen skal fungere hundre prosent etter planen uten uhell. Når man ser på Paulertjernene, som mottok avrenningsvann fra E-18 parsellen syd for den man nå planlegger, så ble disse veldig grå (turbide) i perioder (maks verdi 70 FNU i henhold til Vegvesets overvåking, K.A. Trøan, Statens Vegvesen Sør, pers. medd.), og er delvis grå ennå, et halvt år etter at vegen er ferdig. Det er derfor nokså sikkert at det blir en del tilgrumsing helt syd i Farris. Vi tar i dett scenariet utgangspunkt i at man lykkes bare 50 % med den tenkte vannhåndteringen. Man vil nokså sikkert greie vannhåndteringen bedre enn dette i praksis, så egentlig kan dette scenariet regnes som den maksimale tilgrumsingen vannverkene vil kunne oppleve i anleggsperioden.

Tilførselene i dette scenariet er vist i **Tabell 3**. Vi regner altså også med at en del finstoffet fra tunnelene kommer ut i Farris, selv om dette ikke skal kunne skje. En firefelts motorveg med to løp vil ha et samlet tunnelvernsnitt på ca. 80-85 m². Det bores i gjennomsnitt 2,5 hull per m² med bor med diameter på 4,5 cm. Dette gir ca. 2,5 tonn steinstøv per m fjelltunnel. Det brukes vann til å kjøle borkronene samt å skylle ut boreaksen av hullene. Hvor mye vann som benyttes er avhengig av borerigg. Ofte brukes en borerigg med 3 bomber og typisk vannforbruk ved drift for dette utstyret er 300 l/min (kfr. Weideborg et al 2009). I noen tilfeller drives det fra to eller flere stuffer samtidig med flere rigger. Her antar vi at det drives fra to stuffer samtidig med en borerigg på hver. Vi får da en vannmengde fra borene på 600 l/min.

I tillegg kommer det vann som lekker inn i tunnelen. Dette kan variere mye, men vi antar her en gjennomsnittlig innlekkasje på 25 l/min per 100 m tunnel. Regner man at Månejordet fjelltunnel er 1,6 km, så får man at for hele tunnelen lekker inn 400 l/minutt.

I tillegg til dette kommer det noe man kaller for påboret vann (Weideborg et al 2009). Dette er tilfeldige vanninntrengninger i tunnelen som opptrer i forbindelse med boringen av enkelte hull. Det er stående vannmengder i fjellet som punkteres. Denne vannstrømmen fra hvert enkelt hull vil opphøre etter hvert, men da stadig nye hull bores, så representerer dette en vannmengde som man må ta hensyn til så lenge boringen pågår. Det er dårlig grunnlag for å fastsette størrelsen på dette bidraget, men det benyttes ofte en verdi på 200 l/min så lenge boring av nye hull pågår.

Inne ved stoffen vil vannet ofte ha en konsentrasjon av partikler på fra 5000-10 000 mg/l. Før dette vannet pumpes/slippes til resipient, går det normalt til sedimenteringsbasseng¹. Her reduseres ofte partikkelkonsentrasjonen til 400 mg/l. For ekstra sårbare resipienter har man gjerne sandfiltrering som etterpolering etter sedimentering. Her reduseres partikkelkonsentrasjonen ofte til 150-200 mg/l i gjennomsnitt. I perioder kan man imidlertid ofte oppleve at rensingen fungerer dårlig, og man får utslipp av vann med 1500 – 2000 mg/l. Dette kan komme av at sedimenteringsbasseng går fulle, eller det skjer økt innlekking av vann, slik at den hydrauliske kapasiteten på vannrensingen overskrides.

Vi regner med at vann som renner ut til Farris fra tunnelene har vært gjennom sedimenteringsanlegg, men ikke noe mer avansert rensing, og at vannet har en partikkelkonsentrasjon på 400 mg/l.

Totalvannmengde som må pumpes ut kontinuerlig fra Månejordet fjelltunnelen under byggingen er etter dette (boring 600 l/min + innlekkasje 400 l/min + påboret vannmengde 200 l/min) 1200 l/minutt med partikkelkonsentrasjon på 400 mg/l. Regner at halvparten av dette havner i Farris. Det vil si ca 15 kg finslam i timen, 360 kg i døgnet, eller 131 tonn finslam i året.

¹ I dette prosjektet vurderes i tillegg resirkulering av driftsvann

Tabell 3. Scenario 2. Vannhåndteringen fungerer bare 50 % etter den teoretiske planen.

Strekning	kommentarer	Tilførsel av finpartikler til Farris i året (kg)
Hagafjell-tunnelen	Mesteparten av vannet fra Hagafjell tunnelen pumpes til Lågen, mens den vestre delen drenerer til vannoppsamlingsanlegget i byggegropa til Breimyr tunnelen. Regner med at 5000 kg finslam havner i Farris via Dambukta i løpet av et år.	5000 Dambukta
Breimyr løsmasse-tunnel	50 % av sølevannet pumpes ut av feltet og over til Lågen og 50 % renner mot Farris via Ytretjern og Dammentjern og at det har en turbiditet på ca. 500 FNU i det det forlater byggeområdet. Det regnes med at halvparten av partiklene sedimenterer gjennom vassdraget før det kommer ut i Farris. Regner videre med at arealet av anleggsområdet her er 200 da. Etter NVE atlas er spesifikk avrenning ca. 15 l/sek.km ² i dette området.	11826 Dambukta
Månejordet fjell tunnelen	Selv om alt vann i teorien skal pumpes til Lågen, regner vi med at halvparten vil pumpes til byggegropa ved Bøkeskogen.	131400 Kilen: 25% Øst for utløpet: 75%
Bøksskogen løsmasse-tunnel	Det kommer ikke noe sølevann herfra. Alt pumpes til Farriselva. Området her er omtrent like stort som ved Breimyr. Her er det imidlertid ikke noen småtjern hvor materialet kan sedimentere i på veg mot Farris. Regner derfor med det som kommer ut i Farris herfra er dobbelt så mye som fra Breimyrområdet, dvs. ca 25000 kg finslam i året	25000 Kilen: 25% Øst for utløpet: 75%
Farrisbrua og dagveien ved Farris eidet	Farrisbrua og «dag-veien» på begge sider: Man lykkes i å forsegle alle pilarene med rør og grave ut slammet av disse uten at det kommer noe ut i Farris. Noe tilgrumsing blir det imidlertid av overflateavrenning og utfylling i strandsonen etc. Antar at dette tilsvarer at 50 % av den lokale overflateavrenningen fra dette feltet havner i Farris med en turbiditet på 500 FNU. Arealet av anleggsområdet er ca. 180 da.	23000 Øst for utløpet: 25% Vest for utløpet: 75%
Martineåsen løsmasse-tunnel	Alt sølevann havner i byggegropa og pumpes til Farriselva. Ikke noe havner i Farris.	10000 Vest for utløpet
Martineåsen fjell tunnel	Denne drives fra øvre enden og alt vann, både driftsvann og innlekkingsvann pumpes tilbake slik at det renne mot Paulertjernene og ikke mot Farris. Tunnelen har omtrent samme lengde som for Månefjell tunnelen, dvs. at det tilføres ca. 131 tonn finslam herfra.	131000 Vest for utløpet
Sum	Sum finslam per år	337226

Totale tilførsler blir etter dette 337 tonn per år. Vi antar at dette fordeler seg jevnt over året.

Simulerte konsentrasjoner av partikulært materiale i Farrisvannet i anleggsperioden dersom vannhåndteringen bare går 50 % etter planen er vist i **Figur 14**. Simulerte konsentrasjoner over 1 mg/l fant kun sted innen 1 km fra utslippsstedene. Vannverksinntakene ble påvirket av konsentrasjoner

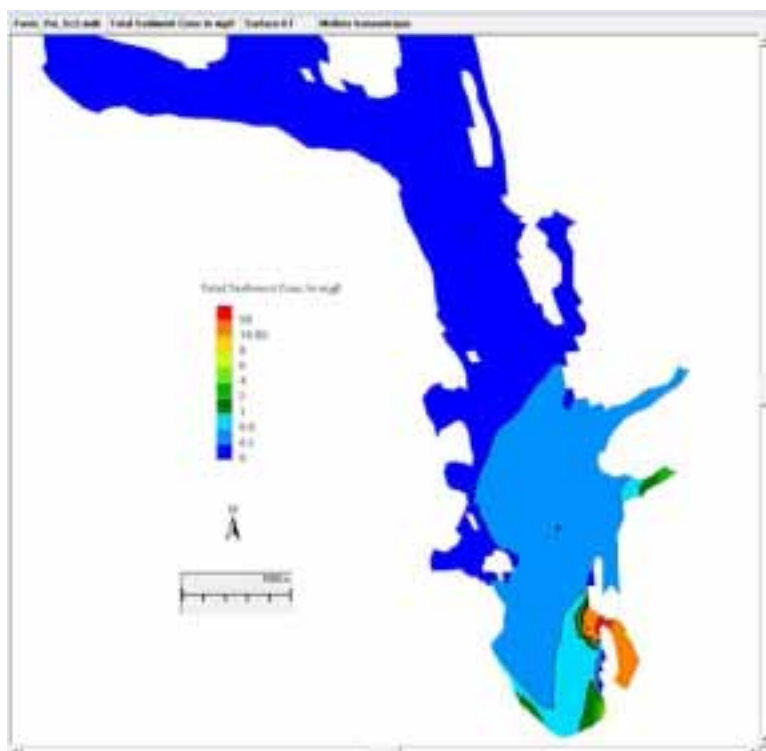
under 0,5 mg/l. Dvs. turbiditeten i inntaksvannet ville vært under 1 FNU også om man inkluderer vannets naturlige partikkelkonsentrasjon.

Tilsvarende maksimum konsentrasjon er vist i **Figur 15**. Simulerte konsentrasjoner over 1 mg/l fant kun sted innen 1 km fra utslippsstedene. Konsentrasjonene ved vannverket var hele tiden under 1 mg/l, dvs. turbiditeten i inntaksvannet kan komme opp i 1 FNU.

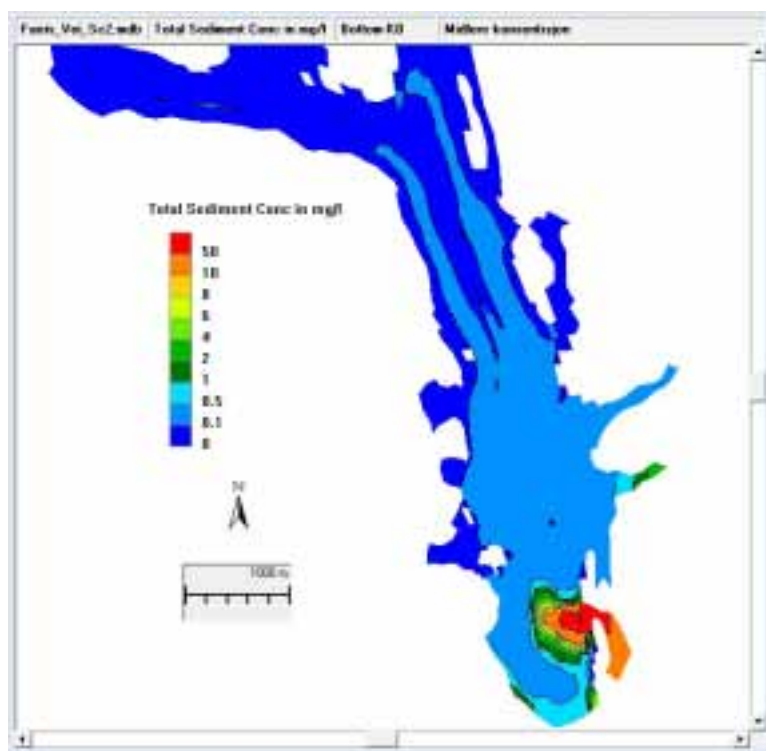
Inntaket var mest utsatt ved vertikal sirkulasjon i vannmassene. Konsentrasjonene var svakt økende i løpet av det første året, **Figur 16**.

Konsentrasjonene i overflaten varierte raskt i samsvar med skiftende vindretninger og vindstyrke. Dypere ned strømmet partiklene langsomt nordover «upåvirket» av overflatestrømmene. I **Figur 17 - Figur 23** er det vist eksempler på dette.

Konsentrasjonene i sørenden av Farris var relativt små i forhold til utslipp i Kilen. Dette til tross for større utslipp der. Forholdet skyldtes at det i sørenden var et jevnt sig og dermed partikkeltransport mot utløpet som følge av tappingen til kraftverket og utløpet via elva.

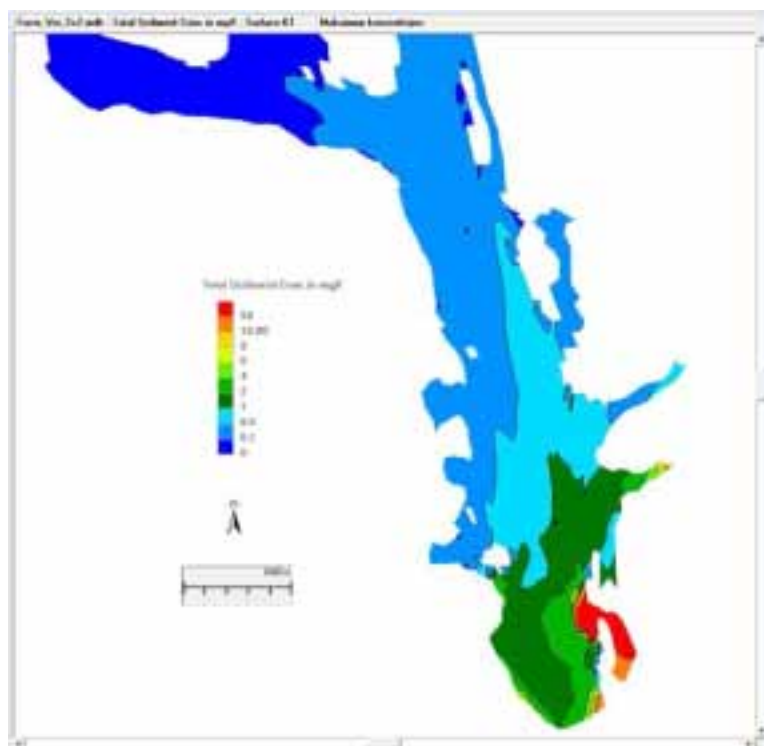


I overflaten

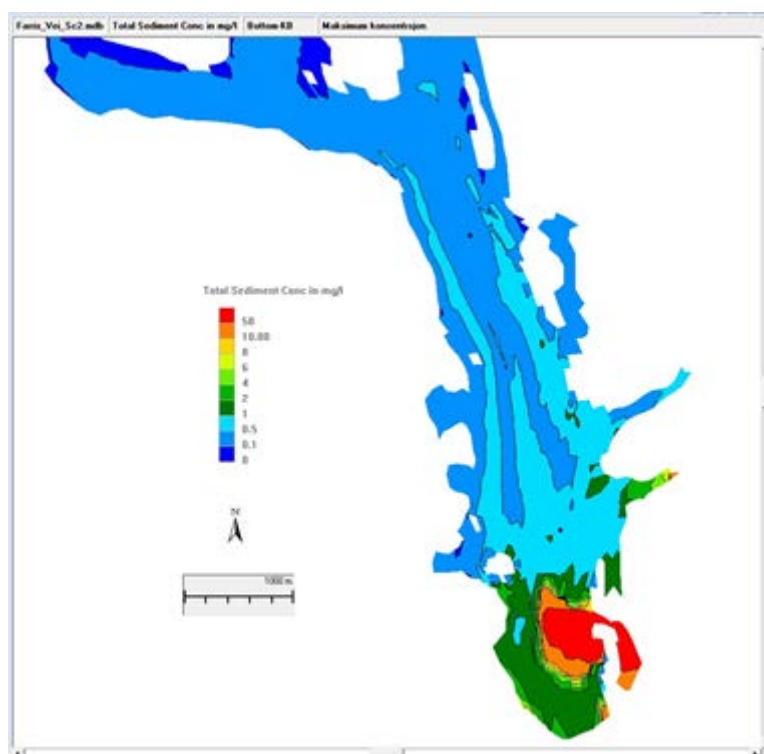


1m over bunnen

Figur 14. Midlere konsentrasjoner av partikulært materiale i Farrisvannet i anleggsperioden dersom vannhåndteringen bare går ca. 50 % etter planen. Simulerte konsentrasjoner over 1 mg/l fant kun sted innen 1 km fra utslippsstedene. Vannverksinntakene ble påvirket av konsentrasjoner under 0,5 mg/l.

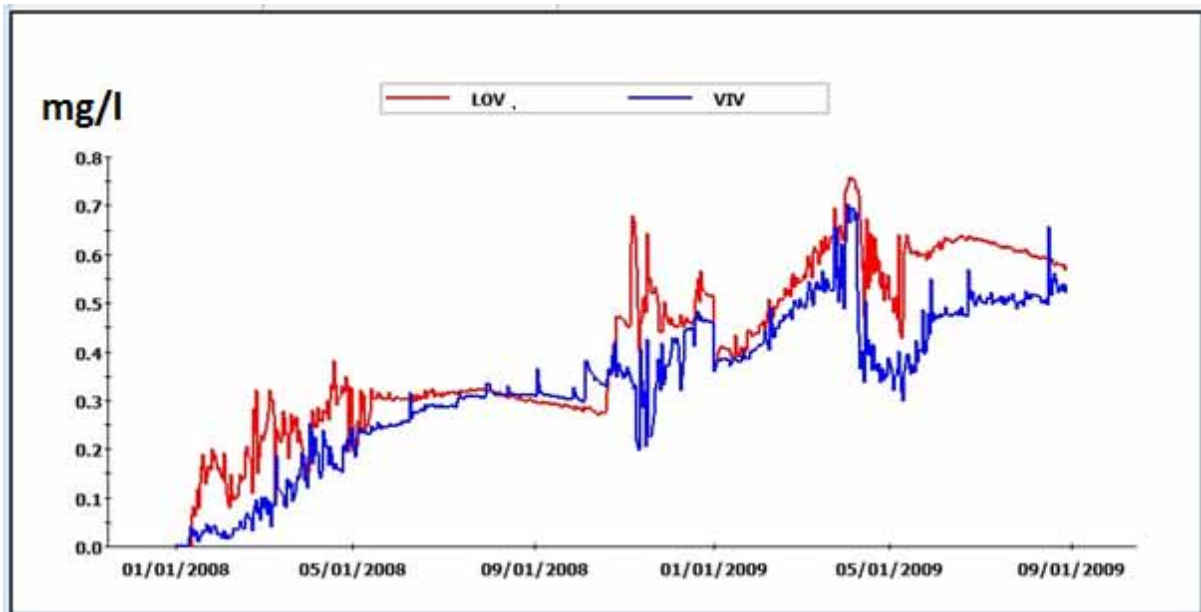


Overflate

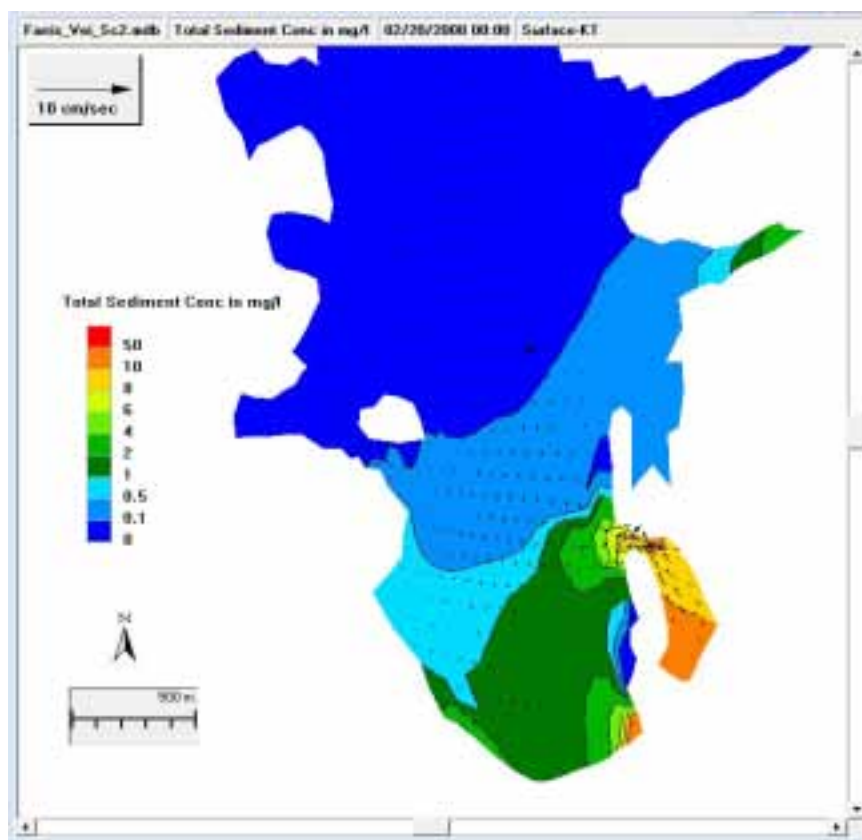


Bunn

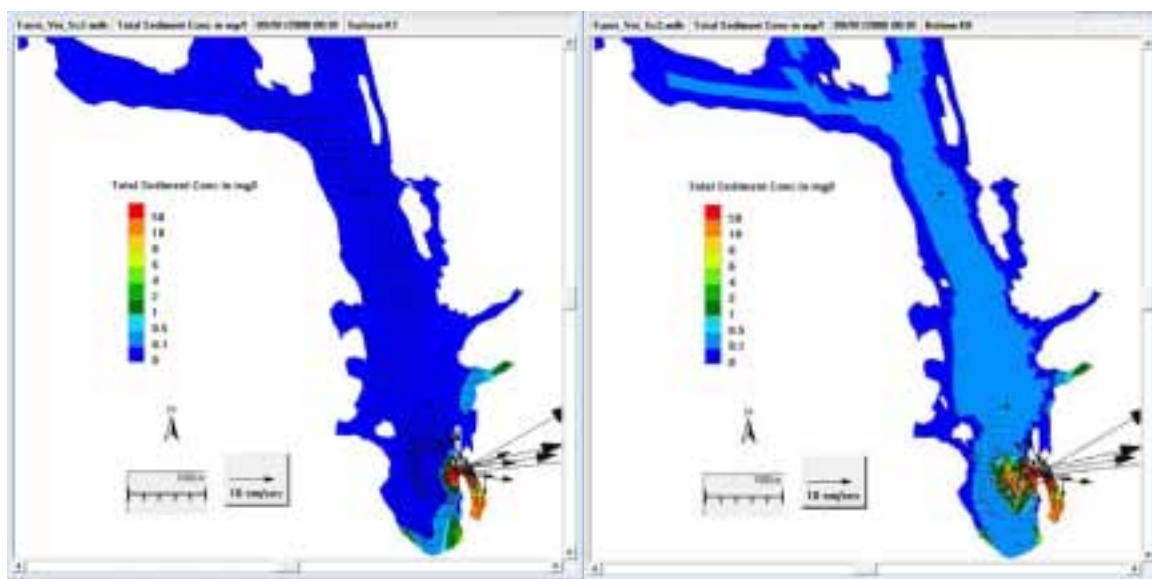
Figur 15. Maksimum konsentrasjon av partikulært materiale i Farrisvannet i anleggsperioden om vannhåndteringen bare går 50 % etter planen. Simulerte konsentrasjoner over 1 mg/l fant kun sted innen 1 km fra utslippsstedene. Konsentrasjonene ved vannverket var hele tiden under 1 mg/l.



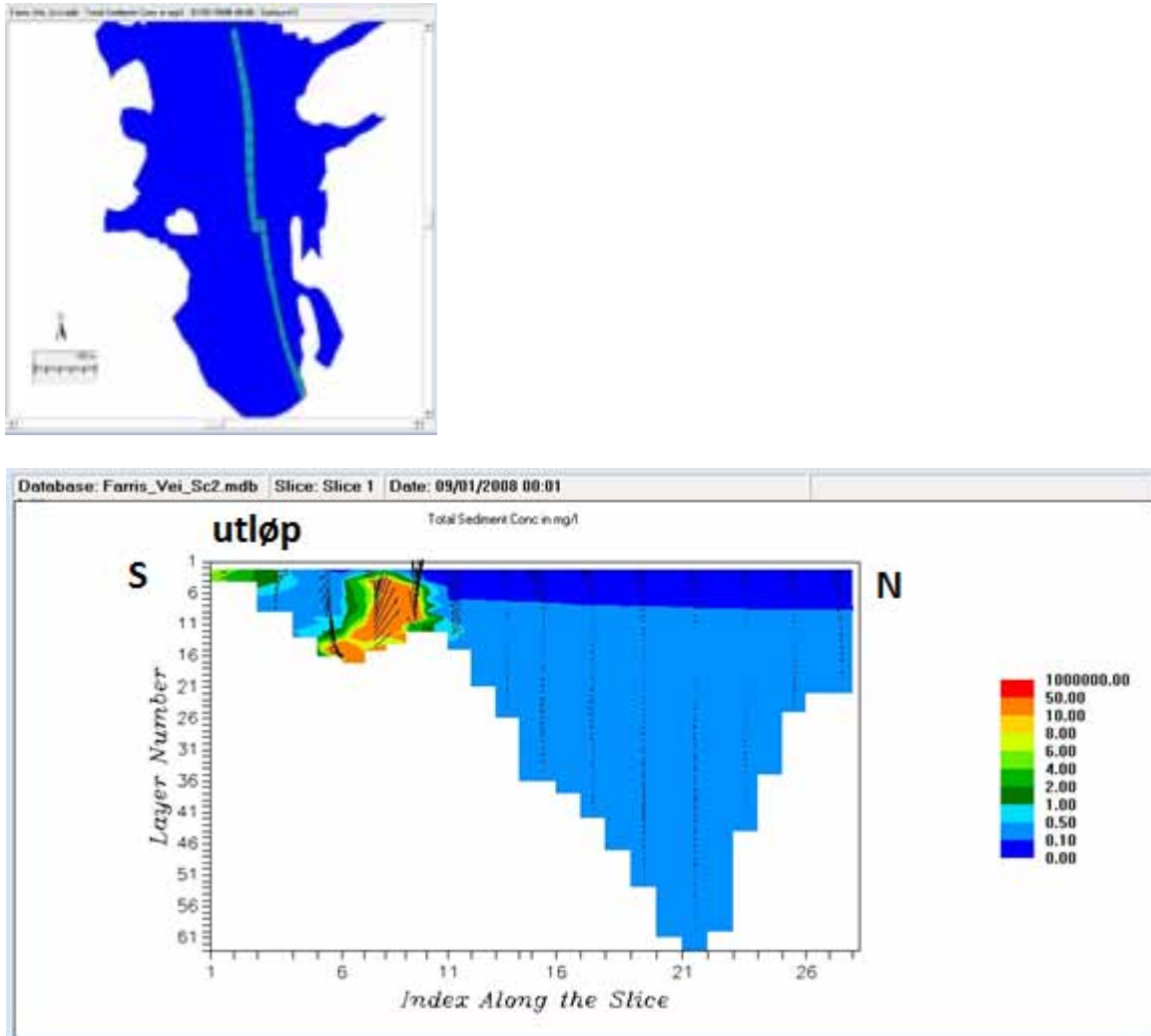
Figur 16. Simulerte konsentrasjonene i vanninntaket til LOV og VIV var under 1 mg/l i anleggsperioden. Inntaket var mest utsatt ved vertikal sirkulasjon i vannmassene. Konsentrasjonene var svakt økende i løpet av det første året.



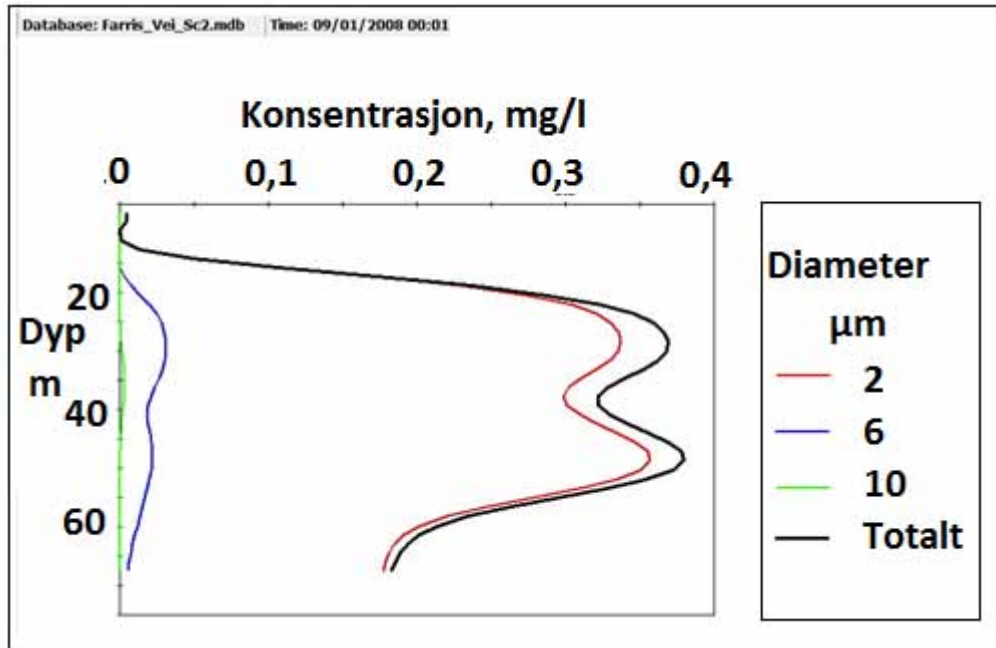
Figur 17. Under islagt innsjø var det en rolig strøm og massetransport mot utløpet i sør.



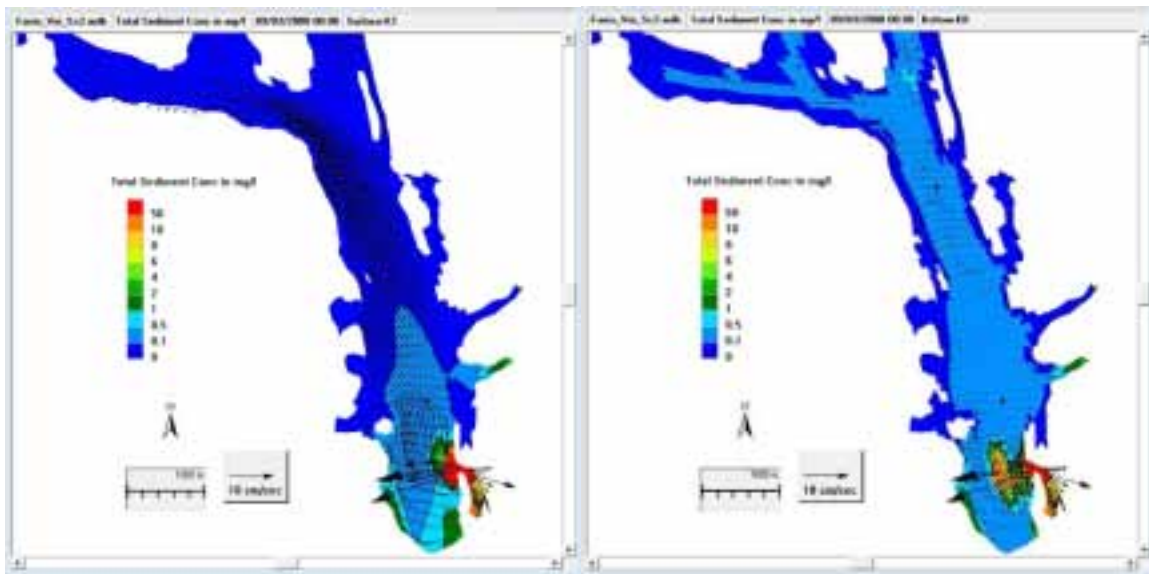
Figur 18. Vind mot sør 1. september. I overflaten ble slammet ført sørover og mot utløpet (venstre fig). Langs bunnen ble sedimentene ført langsamt nordover på dypt vann upåvirket av overflatestrømmene denne dagen (høyre fig).



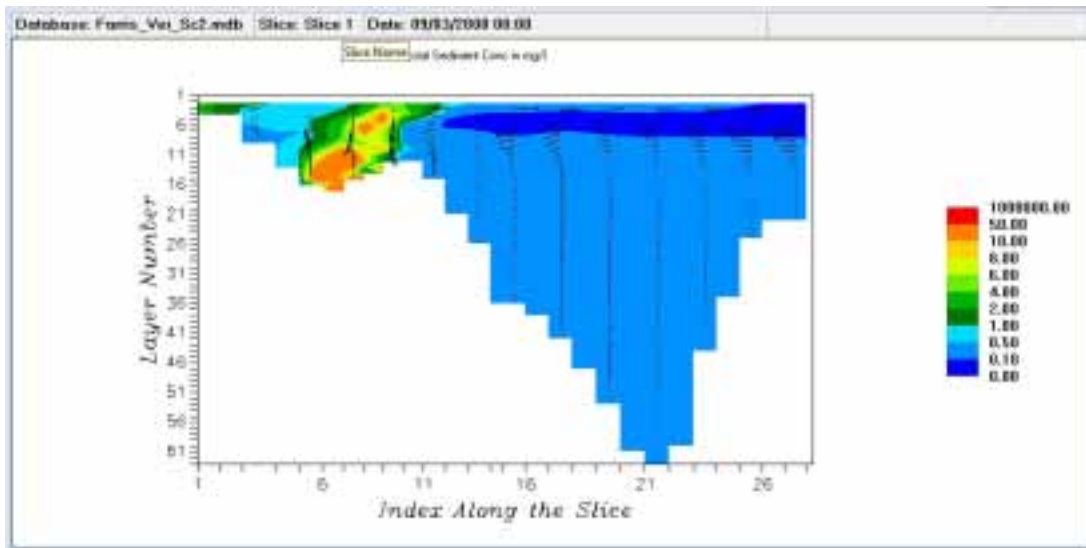
Figur 19. Vind mot sør 1. september. Lengde-dyp profil lang trassen i figurens øvre panel. Vinden påvirket konsentrasjonene nær overflaten med drift mot utløpet i sør. Dypere ned var det skiftende strømretninger. Fargeskala i mg/l.



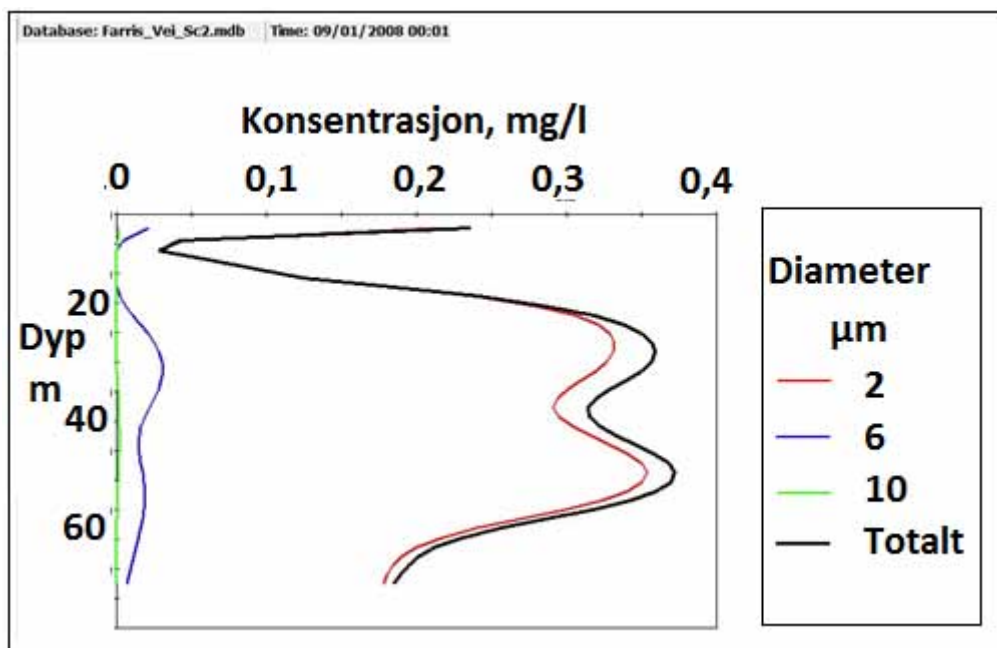
Figur 20. Dybdeprofil ved LOV 1. september. Profilet viser en vanlig forekommende konsentrasjonsfordeling. De høyeste konsentrasjonene fant sted under 20 meter. Partikler som nådde fram hadde overveiende diameter under 4 μm samt i mindre grad diameter mellom 4 og 8 μm .



Figur 21. Vind mot nord 3. september. I overflaten ble slammet ført i vindretningen mot nord (venstre panel). Langs bunnen ble sedimentene ført langsamt i nordover på dypt vann upåvirket av overflatestrømmene denne dagen (høyre panel).



Figur 22. Vind mot nord 3. september. Lengde-dyp profil. Vinden påvirket konsentrasjonene nær overflaten med drift nordover mot vanninntakene. Dypere ned var det skiftende strømretninger. Fargeskala i mg/l.



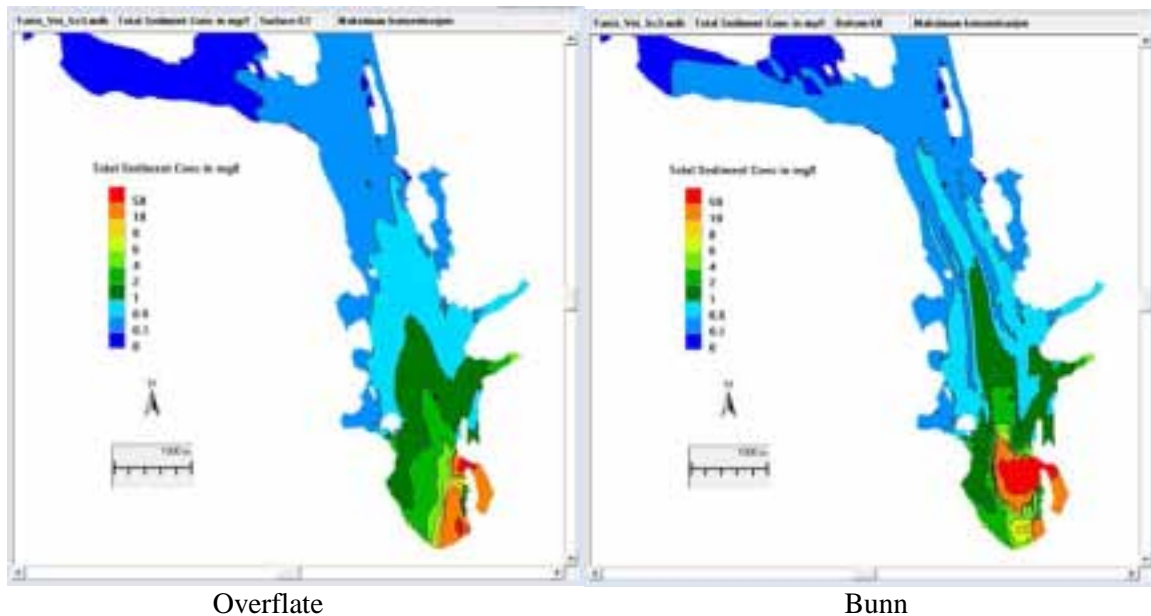
Figur 23. Dybdeprofil ved LOV 3. september. Overflaten fikk på denne dagen økte verdier pga. vinddreven transport mot nord. Konsentrasjonene dypere ned (20 – 40 m) var relativt konstante i tid mens overflaten i stor grad ble påvirket av dagens vindretning.

3.4.1 Scenario 3. I verste fall scenario

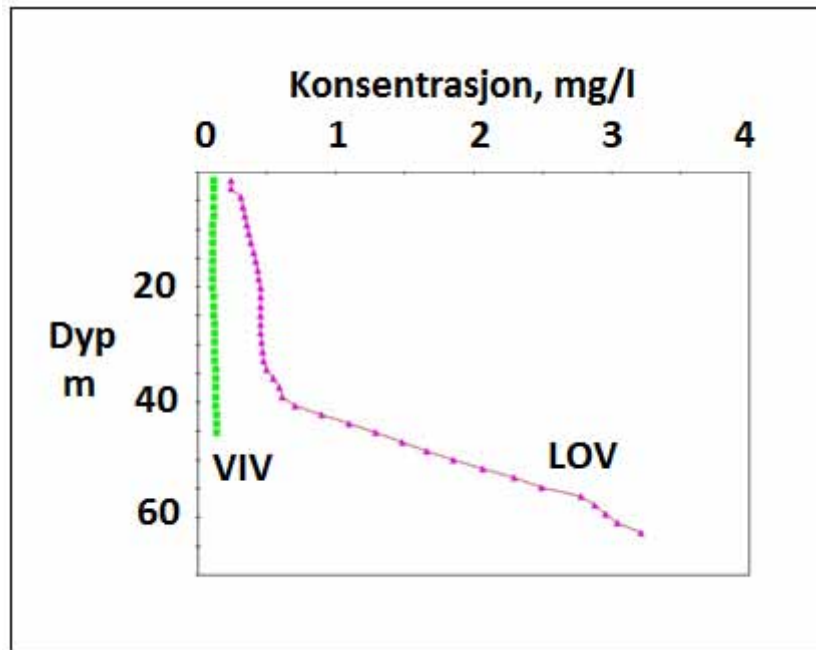
I verste fall scenariet antok vi at vannbehandlingen går som i scenario 2, men i tillegg kommer et voldsomt regnvær som varer fra 10. desember til 17. desember når innsjøen sirkulerer. I denne uka kommer det 400 mm nedbør. All vannhåndtering bryter sammen, alt vann må pumpes mot Farris i en

uke for at ikke byggegrøper og tunneler skal fylles igjen. Vannet som tilføres Farris i denne perioden har en midlere konsentrasjon av finslam på 1000 mg/l. Vannmengden som tilføres i denne perioden er 1/3 av årsavrenningen fra feltet. Hele feltet er beregnet til 1,1 km². Dette gir en tilførsel til sørenden av Farrisvannet i denne uka på 170 tonn finslam.

Simulerte konsentrasjoner over 10 mg/l fant sted innen 1 km fra utslippsstedene. Konsentrasjoner over 1 mg/l fant sted 2-3 km fra utslippet. Konsentrasjonene i vannverksinntaket til LOV forble under 1 mg/l, dvs. en liten økning fra scenarium 2. Imidlertid var konsentrasjonene over 3 mg/l like ved inntaket. Vi må ta høyde for at slike konsentrasjoner også kan nå vanninntaket i korte perioder. Varigheten av episoden med kraftig nedbør ble normalisert i løpet av noen få dager. Effekten ble betydelig mindre i vanninntaket til VIV.



Figur 24. Scenarium 3 Verste tenkelige: 50 % går etter planen + intens nedbør i sirkulasjonsperioden



Figur 25. Konsentrasjoner ved LOV og VIV. De høyeste konsentrasjonene på 40 meters dyp var under 1 mg/l. Imidlertid var verdiene på større dyp like under vanninntaket på 3 mg/l.

4. Diskusjon og konklusjoner

Beregningene våre er befengt med en del usikkerheter. Vi har erfaring fra at modellen simulerer spredning av forurensninger ganske godt, men den forutsetter at det vi putter inn er noenlunde riktig. Vind og temperaturdata er fra meteorologiske institutt og hydrologiske data er fra NVE, så det er det beste vi kan få tak i. Vi har ikke fått noen ordentlig oppgaver over hvor mye sølevann og partikkelmengder som anleggsvirksomheten vil slippe ut til Farris og vi har derfor vært nødt til å foreta egne beregninger ut i fra hva slags vannhåndtering vegvesenet sier de vil benytte. Hvor riktig disse tilførselsberegningene er, kan selvsagt diskuteres. Vi mener imidlertid at vi har tatt godt i når det gjelder alternativ 2 hvor vi sier at vannhåndteringen bare vil gå sånn halvveis etter planen. Vi har også tatt utgangspunkt i tilsendte kornfordelingskurver for massene man vil grave i. Er det mye mer leire i disse enn det vi har fått oppgitt, så vil det føre til at mer grums/finslam vil kunne komme fram til vanninntakene.

Vi har ikke tatt med i beregningene bruk av siltgardiner. Dette kommer man til å benytte i Kilen og langs vegen i syd-enden av Farris. En kan også sette ut slike i Dammenbukta hvis nødvendig. Dette vil bremse opp spredningen av grumsevannet utover det vi har tatt med i beregningene, men det er ikke så mye erfaringsmateriale som viser hvor mye partikler som holdes tilbake som følge av slike gardiner.

Sannsynligheten for at det skal komme en slik «syndflod» på 400 mm (omtrent halve årsnedbøren) som beskrevet i scenario 3 i sirkulasjonsperioden, er svært liten. Det har ikke skjedd noe liknende hittil siden meteorologisk institutt begynte å måle, slik at scenario 2 er vel det som i praksis kan kalles i verste fall scenario. Høyst sannsynlig vil de reelle tilgrumsingene ligge nærmere scenario 1 enn 2.

Konklusjonsmessig vil dette si at vi ikke tror at vegbyggingen, slik man sier man vil gjennomføre det, vil forurense drikkevannsinntakene i nevneverdig grad. Med nevneverdig grad mener vi at det ikke vil

bli turbiditeter over 1 FNU i inntakene som skyldes tilførsel av finpartikulært materiale fra anleggsvirksomheten.

Grumset som spres ved anleggsvirksomheten er stort sett mineralsk jordsmonn/steinstøv og vil ikke være giftig. Andre forurensninger vil ikke forefinnes i noen problematiske konsentrasjoner.

5. Litteratur

Weideborg, M., R. Storhaug, Eilen Vik, R. Roseth og Vidar Tveiten, 2009. Behandling av utslipp av driftsvann fra tunnelanlegg, Norsk forening for fjellsprenningsteknikk, Teknisk rapport nr. 09, 40 sider.

Rambøll (Helgestad et al 2012): Hydrogeologisk og hydrogeologisk analyse av Breimyr- / Ytretjern området – Sky., Rambøll Miljø og Natur, Notat nr. not_K1_X-007, 23 sider.

GEMSS-modellen: ERM's Surfacewater Modeling Group i Exton, Pennsylvania, USA. <http://www.erm-smg.com>.

Drikkevannsforskriften. FOR 2001-12-04 nr 1372: Forskrift om vannforsyning og drikkevann (Drikkevannsforskriften). www.lovdato.no

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no