



**NIBIO**

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

## Rv. 4 Gran grense - Jaren

Etterundersøkelser av vannkjemi i grunnvann og resipienter 2017-2020

NIBIO RAPPORT | VOL. 6 | NR. 50 | 2020



Alexander Engebretsen, Johanna Skrutvold og Roger Roseth  
Divisjon for miljø og naturressurser

## TITTEL/TITLE

Rv.4 Gran - Jaren. Etterundersøkelser av vannkjemi i grunnvann og resipienter 2017 - 2019

## FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Alexander Engebretsen, Johanna Skrutvold og Roger Roseth

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
14.12.2020	6/50/2020	Åpen	10625-6	17/00357
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-02553-5	2464-1162	66	7	

## OPPDRAAGSGIVER/EMPLOYER:

Statens vegvesen Region øst

## KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Haldis Fjermestad

## STIKKORD/KEYWORDS:

Overvåking, vannkvalitet, grunnvann, alunskifer  
Monitoring, water quality, ground water, alum  
shale

## FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Vannkvalitet  
Water quality

## SAMMENDRAG/SUMMARY:

I forbindelse med vegutbyggingen av Rv 4 på strekningen Gran-Jaren har NIBIO på oppdrag fra Statens vegvesen Region øst gjort etterundersøkelser av vannkjemi i berørte resipienter og i grunnvannsbrønner tilknyttet et masselager med svartskifer. For å unngå sur avrenning og metallmobilisering ved forvitring og oksidasjon av alunskifer ble massene lagret i et oksygenfritt (reduserende) miljø.

## LAND/COUNTRY:

Norge

## FYLKE/COUNTY:

Oppland

## KOMMUNE/MUNICIPALITY:

Gran

## STED/LOKALITET:


Rv. 4 Gran - Jaren

## GODKJENT /APPROVED



EVA SKARBØVIK

## PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER



ROGER ROSETH



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

# Forord

Etter oppdrag fra Statens vegvesen Region øst har NIBIO gjort etterundersøkelser av vannkjemi i brønner tilknyttet et masselager i Gran kommune og i resipienter som har blitt berørt av vegutbyggingen Rv. 4 Gran-Jaren. Strekningen sto ferdig sommeren 2017. Oppdraget er en del av NIBIOs rammeavtale med Statens vegvesen Region øst.

Roger Roseth er prosjektleder for rammeavtalen, mens Inga Greipsland og Johanna Skrutvold har hatt den daglige oppfølgingen for avrop 6; Rv. 4 Gran-Jaren etterundersøkelse. Feltarbeid er utført av Johanna Skrutvold, Alexander Engebretsen, Oda Fosse, Cilie Trøim Kristiansen, Charles Haakon Carr, Inghild Økland, Thor Endre Nytrø, Rikard Pedersen og Inga Greipsland.

Bunndyrprøvene er analysert og indeksvurdert av Silje Hereid i Faun. Prøver av begroingsalger er analysert og indeksvurdert av Trond Stabell i Norconsult.

Halldis Fjermestad har vært vår kontaktperson hos Statens vegvesen, og takkes for godt samarbeid.

Sluttrapporten er skrevet av Alexander Engebretsen, Johanna Skrutvold og Roger Roseth. Rapporten er kvalitetssikret i henhold til NIBIOs kvalitetssikringsrutiner av forskningsleder Eva Skarbøvik.

Ås, 14.12.20

Johanna Skrutvold

Prosjektleder, Rv. 4 Gran-Jaren

# Innhold

1	Innledning.....	5
2	Lokalitet og metode.....	6
2.1	Oversikt over prøvelokaliteter.....	6
2.2	Feltmålinger i brønner.....	11
2.3	Vannprøver.....	11
2.4	Biologi.....	13
2.4.1	Bunndyr.....	13
2.4.2	Begroingsalger.....	14
3	Resultater .....	16
3.1	Nedbør og vannføring i prøvetaksperioden .....	16
3.2	Vannkvalitet i grunnvannsbrønner.....	16
3.2.1	Feltmålinger .....	16
3.2.2	Vannprøver fra brønnene B1-B3.....	22
3.2.3	Vannprøver fra brønnene BO1 –BO6 og B13 .....	28
3.3	Vannkvalitet i resipienter .....	37
3.3.1	Vøyenbekken og TUN-UT .....	37
3.3.2	Vigga.....	41
3.3.3	Nortangenbekken .....	46
3.3.4	Horgenbekken.....	51
3.4	Radionuklider .....	55
3.5	Vannprøver fra tunnel og drengssystemet.....	55
3.6	Biologi.....	58
3.6.1	Bunndyr.....	58
3.6.2	Begroingsalger.....	61
4	Oppsummering.....	63
5	Videre overvåking.....	65
	Litteratur .....	66
	Vedlegg.....	67
	Vedlegg I – Kart drengssystem .....	68
	Vedlegg II – Feltmålinger NIBIO.....	69
	Vedlegg III – Målinger grunnvannsbrønner Geonor.....	73
	Vedlegg IV – Bunndyr .....	84
	Vedlegg V – Begroingsalger .....	88
	Vedlegg VI – Vurdering av konsekvenser for ytre miljø: doseberegninger med ERICA Assessment Tool.....	89
	Vedlegg VII – Tillatelse og vilkår MD og DSA .....	94

# 1 Innledning

Den nye Rv. 4 Gran-Jaren ble åpnet 8. juli 2017. Utbyggingen var komplisert blant annet fordi store mengder svartskifer med syreproduserende potensial, kjent som alunskifer, måtte fjernes og håndteres på forsvarlig måte. Vilkårene for grave- og byggetillatelse er gitt i vedlegg VII og VIII. Løsningen ble å lagre massene i et oksygenfritt (reduserende) miljø for å unngå sur avrenning og metallmobilisering ved forvitring og oksidasjon av alunskifer. Massene ble brukt til masseutskiftning av en myr under vegbanen for ny Rv.4, rett sør for innkjøringen til Granstunnelen (Figur 1). For mer informasjon om masselageret se Fjermestad m.fl. (2018).

I tilknytning til masselageret har Statens vegvesen satt ned ti grunnvannsbrønner for å kunne følge med på utvikling i vannstand og vannkjemi. Tre av brønnene står i selve masselageret med inntaksfilter i ulike nivå. Elven Vigga renner fra sør mot nord ved siden av masselageret og er nærmeste resipient for mulig forurensing fra masselageret og vegutbyggingen. Vigga renner ut i Jarenvatnet, der sørlig del ble vernet som naturreservat i 1990.

Alunskifer inneholder en rekke giftige tungmetaller som kadmium, kobber, nikkell, sink, arsen og uran. Ved tilgang til luft og oksygen vil sulfider i skiferen oksideres og danne svovelsyre. Denne prosessen fører til at tungmetaller løses ut, med potensiell forurensning av grunnvannet og tilstøtende vassdrag. I tillegg inneholder skiferen radioaktivt uran, som kan gi opphav til radongass samt gi gifteffekter som tungmetall. Ideell lagring kan gi stabilitet både geoteknisk, geokjemisk og hydrogeologisk med lav risiko for giftig avrenning (Fjermestad m.fl. 2018). Innlagring bør da skje under forhold der det ikke er oksygen tilstede i grunnvannet og med lavt redokspotensial (<-300 mV ved pH 7-8).

I tillegg til forurensingsproblematikk i forbindelse med masselageret krysser Rv. 4 Gran - Jaren flere bekker som kan ha blitt påvirket av vegutbygging i grunn med svartskifer. I tre av disse bekkene har det blitt tatt opp- og nedstrøms prøver av vannkvalitet både før og etter utbyggingen var ferdig. Denne rapporten oppsummerer analyseresultater for perioden 2017 - 2020. I noen figurer er resultatene fra 2016 tatt med for å vise utviklingen.

## 2 Lokaltet og metode

### 2.1 Oversikt over prøvelokaliteter

Statens vegvesen har installert 10 brønner i nærheten av masselageret på Gran (figur 1). Brønn B1, B2 og B3 står direkte i masselageret, mens B06 og B05 er oppstrøms og B01-B04 og B13 er nedstrøms masselageret. I 2018 og 2019 ble de fleste av brønnene prøvetatt fire ganger. B1, B2 og B3 ble prøvetatt syv ganger i 2018. Informasjon om brønnene er oppsummert i tabell 1.

Tabell 1. Informasjon om brønnene.

	BO1	BO2	BO3	BO4	BO5	BO6	B13	B1	B2	B3
	Nedstrøms masselager				Oppstrøms masselager		I masselageret			
Kote terreng	208,10	210,76	212,73	211,23	216,06	232,53				
Kote topp brønn	208,76	211,30	213,32	211,76	216,85	233,02		208,36		
Kote inntaksfilter	202,7	204,3	191,3	201,8	209,8	225,5	1-16,5	202-203	197-198	187-188
Dybde (m fra topp brønnrør)	8	9,4	24	12	10	9	18	5*	10*	19*
Dyp (m og kote for inntaksfilter)	6	7	22	10	7	7	7-16,5			

\*m fra bakkenivå

I 2020 ble det også tatt prøver i overvannskummer utenfor tunnelen for å kartlegge andre kilder til uran enn masselageret (tabell 2).

Drensvann og overflatevann fra tunnel samles i vannmagasin i lavbrekk inne i tunnel. Vannet renner derfra i selvføll ut til Vøyenbekken. Drens- og overflatevann ute mellom toplankryss og tunnelportal sør samles i O221 og videreføres til O222 og pumpekum. Ved store vannmengder samles dette vannet i et fordrøyningsmagasin ved siden av veien, før det pumpes til O278, med videre selvføll til TUN-UT. Vann fra vannmagasin inne i tunnel og drens-/overvann fra O221 og fordrøyningsmagasin renner sammen i selvføll fra O278. Drensledning fra tunnelportal sør på begge sider av veien og midtdeler har fall fram til overvannskum O221. Drens- og overvann har høybrekk ved tunnelportal sør, dvs. at alt vann utenfor tunnelen renner mot O221 og pumpes til O278. Fra toplanskryss mot tunnelportal sør samles overvann fra veg i grøfter og fanges opp via sandfang (SF) til tette overvannledninger med fall mot overvannskum O221. Kart over drens-systemet finnes i vedlegg I.

Vaskevann fra tunnelen blir adskilt til et eget vaskevannsmagasin hvor det oppholdes i minst fire uker før det blir sluppet ut i pumpe-sumpen. Det har blitt tatt enkeltprøver av vaskevannet og vannet i magasinet.

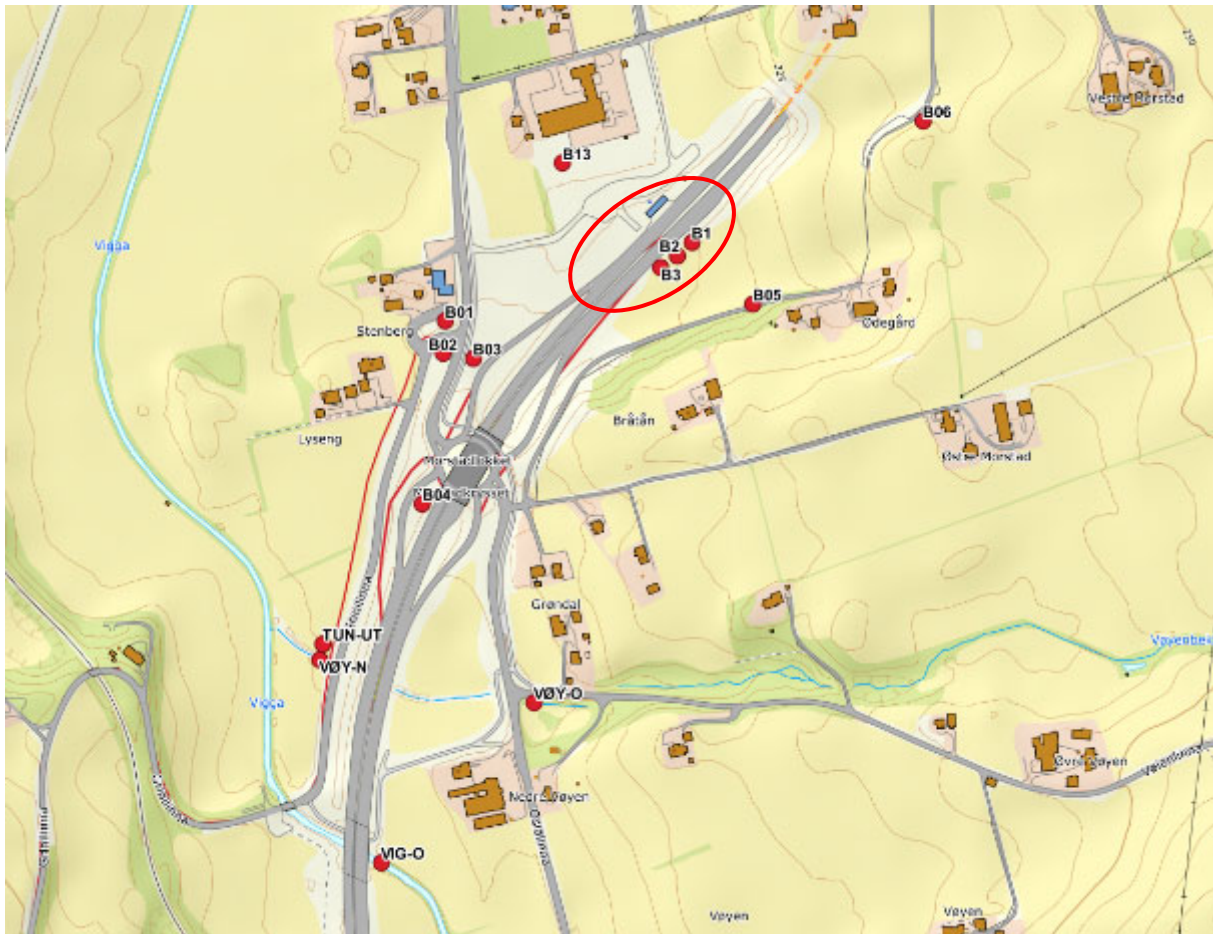
Tabell 2. Beskrivelse av dreneringssystemet utenfor Granstunnelen.

Brønn/kum	Beskrivelse
O221	Mottar alt dreneringsvann og overvann utenfor tunnelen. Blir pumpet til O278 hvor det renner i selvføll til TUN-UT.
O292 -> OV300	Oppsamlet overvann langs vestsida av rv.4 fra høybrekk nordside toplankryss og nordover mot O221
O275 -> OV400	Oppsamlet overvann langs østside av rv.4 fra nordside toplankryss og nordover, før kryssing av rv.4 mot O221
SF261	Oppsamlet drens- og overvann fra høybrekk nordside toplankryss til sørsida av toplankryss rett sør for masselager, før videreføring til Vøyenbekken.
SF234	Oppsamlet drens- og overvann vestsida rv.4 fra veggrøft og høybrekk tunnelportal før innløp til SF235
O274	Oppsamlet overvann langs østside av rv.4 fra nordside toplankryss og nordover, før O275
SF232	Oppsamlet drens- og overvann fra veggrøft tunnelportal østside rv4. før kryssing av rv.4 til O221
SF 235	Oppsamlet drens- og overvann vestsida rv.4 fra SF234 og høybrekk tunnelportal før innløp til O221
SF 273	Oppsamlet drens- og overvann langs østside av rv.4 fra nordside toplankryss og nordover, før SF274

Overvann og rensed tunnelvaskevann drenerer til Vøyenbekken via prøvepunktet TUN-UT (figur 1). Vøyenbekken ble prøvetatt både opp- og nedstrøms veien. Punktet VØY-N ligger nedstrøms masselageret og rett nedstrøms TUN-UT.

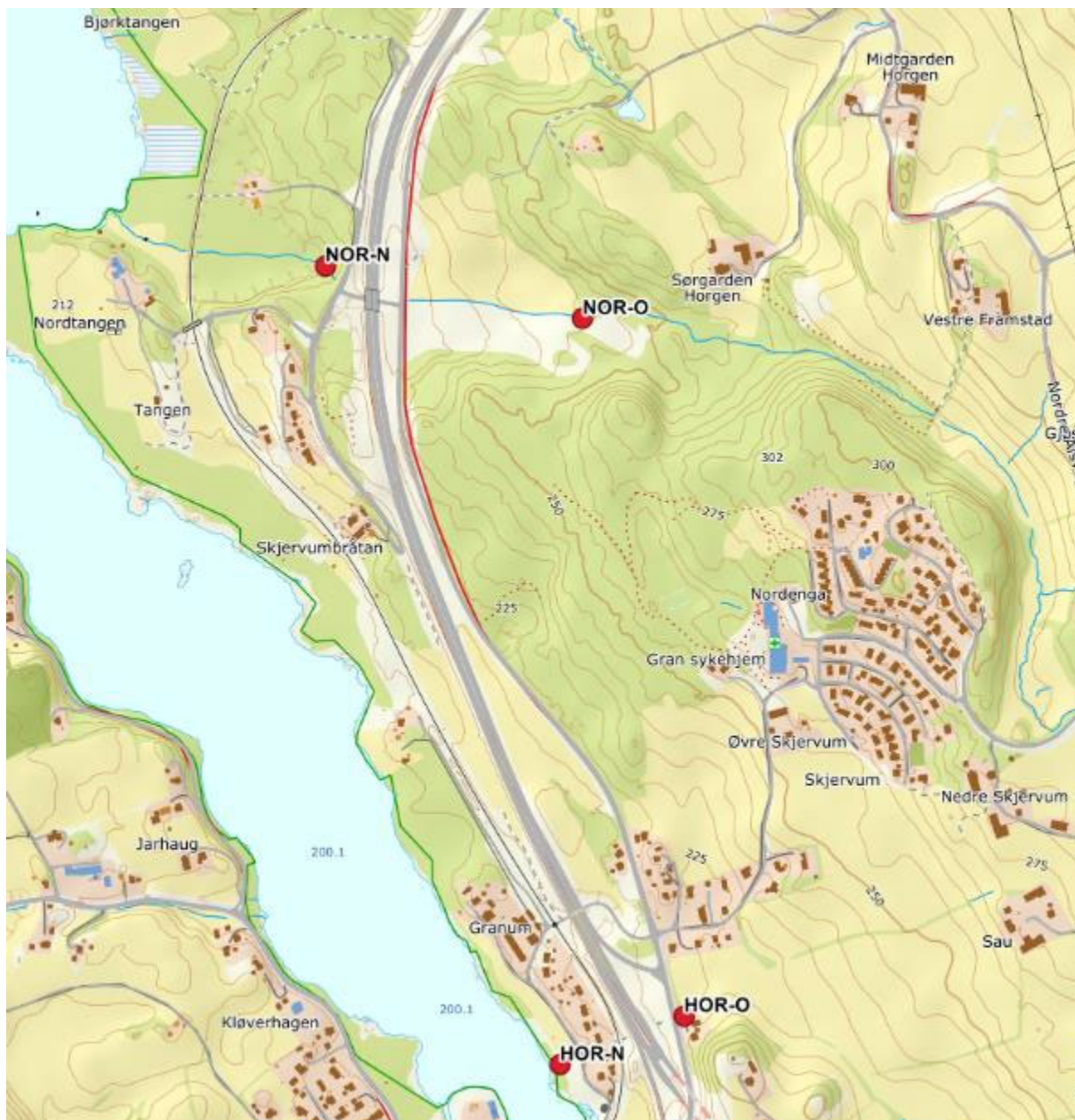
Vøyenbekken renner ut i Vigga ca. 100 m nedstrøms Rv4. Vigga ble prøvetatt oppstrøms Rv.4 og nedstrøms utløpet til Vøyenbekken og ved et punkt lengre nedstrøms ved Gran sentrum. Ved tidligere overvåking har det vært flere ulike prøvepunkter opp- og nedstrøms i Vigga. Resultatene fra noen av punktene er slått sammen for å lette diskusjonen. Vigga nedstrøms betegner da alle prøvepunkt nedstrøms innløpet til Vøyenbekken, mens Vigga oppstrøms betegner alle prøvepunkt mindre enn en kilometer oppstrøms innløpet til Vøyenbekken.

Nord for Granstunnelen ble det tatt vannprøver opp- og nedstrøms nye Rv.4 i to bekker; Nortangenbekken og Horgenbekken (figur 2, 5, 6). I Nortangenbekken ble prøvene tatt etter samløpet med to vannførende rør som går under veien (figur 5).



Figur 1. Oversikt over prøvelokaliteter sør for Grantunnelen. B01-B06 og B1-B3 er grunnvannsbrønner. Omtrentlig plassering av masselager er vist med rød ring rundt grunnvannsbrønnene B1-B3. Prøvepunktene VØY-O, VØY-N og VIG-O er resipient. TUN-UT er drensrør fra Granstunnelen og overvannsystemet utenfor tunnelen.





Figur 2. Oversikt over prøvelokaliteter i Nortangenbekken (NOR) og Horgenbekken (HOR) nord for Granstunnelen.



Figur 3. Prøvetakingstasjonene i Vigga: VIG-O (venstre) og VIG-N (høyre). Bilder er tatt 28.04.20.



Figur 4. Prøvetakingstasjoner i Vøyenbekken: VØY-O (venstre) og VØY-N (venstre) med TUN-UT i rør til høyre for VØY-N. Bilder er tatt 28.04.20 (venstre) og 22.05.19 (høyre)



Figur 5. Prøvetakingstasjoner i Nortangenbekken: NOR-O (venstre) og NOR-N nedenfor samløp (høyre). Bilder er tatt 28.04.20.



Figur 6. Prøvetakingstasjoner i Horgenbekken: HOR-O i rør med tett vegetasjon rundt (venstre) og HOR-N (høyre) ned mot Jarevatnet. Bilder er tatt 22.10.17 (venstre) og 22.05.20 (høyre).

## 2.2 Feltmålinger i brønner

NIBIO har målt Eh (ORP), pH, ledningsevne og oksygen m.m. i topp- og bunnvann i utvalgte brønner med en multiparametersensor den 23.11 i 2017, 15.02 og 04.08 i 2018, 19.03, 01.05, 10.07 og 27.11 i 2019 samt 31.03, 26.05 og 23.10 i 2020. Målingene ble gjort med instrumentet KLL-Q-2 fra Seba Hydrometrie. Redoksmålinger (ORP) blir korrigert til standard hydrogenelektrode.

## 2.3 Vannprøver

I 2017 - 2019 ble det tatt kvartalsvise vannprøver på de fleste prøvelokaliteter. I 2020 ble det tatt supplerende prøver i alle brønnene og bekkene 31.03 og igjen i alle brønnene samt Vigga og Vøyenbekken 30.09. I tillegg har det blitt tatt ekstra prøver i brønn B1, B2 og B3. I brønnene ble vannprøvene tatt med en prøvehenter som ble senket ned omtrent en meter under overflaten. Samtidig med prøvetaking ble vannhøyde registrert. I overflatevann ble vannprøvene fortrinnsvis hentet fra midten av bekken.

Vannprøvene ble kjørt til Eurofins for analyse, enten samme dag eller dagen etter. Prøver som ble sendt til analyse dagen etter prøvetaking ble mellomlagret på kjølerom. Vannprøver ble analysert for blant annet tungmetaller, uran, sulfat, veisalt (NaCl) og suspendert stoff.

Analyseresultater i grunnvann har blitt vurdert etter terskel- og vendepunktverdier for grunnvann gitt i veileder 02:2018 (Klassifisering av miljøtilstand i vann), se tabell 3. Analyseresultatene i resipientene ble vurdert etter grenseverdier for ferskvann i M-608 (Miljødirektoratet 2020). Grenseverdiene er gjengitt i tabell 4.

**Tabell 3. Liste over prioriterte stoffer med tilhørende terskelverdi og vendepunktverdi for grunnvann. Tilpasset etter tabell 10.1 i Direktorsgruppen 2018.**

Stoff/Parameter	Enhet	God tilstand	Vendepunkt	Dårlig tilstand
		< Vendepunkt		Terskelverdi
Nitrat (NO <sub>3</sub> )	mg/l	<37,5	37,5	50
Bekjempningsmidler	µg/l	<0,075	0,075	0,1
Sum bekjempningsmidler	µg/l	<0,4	0,4	0,5
Klorid (Cl)	mg/l	<150	150	200
Sulfat (SO <sub>4</sub> )	mg/l	<75	75	100
Ammonium (NH <sub>4</sub> -N)	mg/N	<0,4	0,4	0,5
Arsen (As)	µg/l	<7,5	7,5	10
Kadmium (Cd)	µg/l	<3,75	3,75	5
Bly (Pb)	µg/l	<7,5	7,5	10
Kvikksølv (Hg)	µg/l	<0,4	0,4	0,5
Sum av Trikloretten og Tetrakloretten	µg/l	<77,5	77,5	10

Tabell 4. Grenseverdier for metaller ( $\mu\text{g/l}$ ) i ferskvann fra M-608 (Miljødirektoratet 2020).

Navn på stoff	Klasse I	Klasse II	Klasse III	Klasse IV	Klasse V
	Bakgrunn	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
	<i>Bakgrunnsnivå</i>	<i>Ingen toksiske effekter</i>	<i>Kroniske effekter ved langtids-eksponering</i>	<i>Akutt toksiske effekter ved korttids-eksponering</i>	<i>Omfattende toksiske effekter</i>
<b>Arsen</b>	<b>0 - 0,15</b>	<b>0,15 - 0,5</b>	<b>0,5 - 8,5</b>	<b>8,5 - 85</b>	<b>&gt; 85</b>
<b>Bly</b>	<b>0 - 0,02</b>	<b>0,02 - 1,2</b>	<b>1,2 - 14</b>	<b>14 - 57</b>	<b>&gt; 57</b>
<b>Kadmium</b>	<b>0 - 0,003</b>	Fotnote 1	Fotnote 2	Fotnote 3	Fotnote 3
<b>Kobber</b>	<b>0 - 0,3</b>	<b>0,3 - 7,8</b>		<b>7,8 - 15,6</b>	<b>&gt; 15,6</b>
<b>Krom</b>	<b>0 - 0,1</b>	<b>0,1 - 3,4</b>			<b>&gt; 3,4</b>
<b>Kvikksølv</b>	<b>0 - 0,001</b>	<b>0,001 - 0,047</b>	<b>0,047 - 0,07</b>	<b>0,07 - 0,14</b>	<b>&gt; 0,14</b>
<b>Nikkel</b>	<b>0 - 0,5</b>	<b>0,5 - 4</b>	<b>4 - 34</b>	<b>34 - 67</b>	<b>&gt; 67</b>
<b>Sink</b>	<b>0 - 1,5</b>	<b>1,5 - 11</b>		<b>11 - 60</b>	<b>&gt; 60</b>

1) Klasse II Cd verdier avhengig av vannets hardhet:  $\leq 0.08$  ( $< 40$  mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ );  $0.08$  ( $40 - <50$  mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ );  $0.09$  ( $50 - <100$  mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ );  $0.15$  ( $100 - <200$  mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ );  $0.25$  ( $\geq 200$  mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ ).

2) Klasse III Cd verdier avhengig av vannets hardhet:  $\leq 0.45$  ( $< 40$  mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ );  $0.45$  ( $40 - <50$  mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ );  $0.60$  ( $50 - <100$  mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ );  $0.9$  ( $100 - <200$  mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ );  $1.5$  ( $\geq 200$  mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ ).

3) Klasse IV Cd verdier avhengig av vannets hardhet:  $\leq 4.5$  ( $< 40$  mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ );  $4.5$  ( $40 - <50$  mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ );  $6.0$  ( $50 - <100$  mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ );  $9.0$  ( $100 - <200$  mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ );  $15$  ( $\geq 200$  mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ ). Verdier over tilhører klasse V.

## 2.4 Biologi

### 2.4.1 Bunndyr

Prøver av bunndyr ble tatt ved totalt seks stasjoner: oppstrøms og nedstrøms i Vigga (VIG-O og VIG-N), Vøyenbekken (VØY-O og VØY-N) og Nortangenbekken (NOR-O og NOR-N).

Bunndyrundersøkelsene ble utført 28.04.20 av Johanna Skrutvold og Roger Roseth og 21.10.20 av Cilie Trøim Kristiansen og Charles Haakon Carr. Bunndyrprøvene ble analysert av Silje Hereid i Faun.

Bunndyrprøvene ble tatt ut ved bruk av sparkemetoden (NS-ISO 10870). Det ble benyttet håv med maskevidde på 250 µm, montert i en ramme på 25 cm x 25 cm. Det ble tatt ut prøver som i sum representerte bekkens habitatfordeling på best mulig måte. Det ble sparket i om lag 1 minutt per prøve over en strekning på 3 meter. Det ble tatt ut tre delprøver som ble slått sammen til en blandprøve. Prøven ble fiksert med etanol og lagret mørkt.

Graden av organisk belastning (forurensningstype eutrofiering) ble vurdert ved bruk av ASPT-indeksen (Average Score per Taxon; Brittain (1988)). ASPT-indeksen benyttes til å vurdere den økologiske tilstanden i bunndyrsamfunnet, med utgangspunkt i toleranseverdier på familienivå (Armitage mfl 1983);

$$ASPT = \frac{\sum_{i=1}^n S_k}{n}$$

der  $n$  er antall indikatortaksa og  $S_k$  er score til den  $i$ -te indikatorene.

I veileder 02:2018 (Direktoratsgruppen 2018) til vannforskriften er det en tabell med klassegrenser og referanseverdi for indeksene som benyttes for fastsettelse av økologisk tilstand i elver (tabell 5). Verdiene i denne tabellen har blitt brukt for å vurdere økologisk tilstand på bakgrunn av bunndyrprøvene.

**Tabell 5. Klassegrenser for ASPT-indeksen for bunndyr (Direktoratsgruppen 2018).**

Tabell 5.8a Klassegrenser og referanseverdi, absoluttverdier, for bunndyrindeksen ASPT for fastsettelse av økologisk tilstand i elver påvirket av eutrofi og organisk belastning.						
Vanntype	referanseverdi	svært god	god	moderat	dårlig	svært dårlig
Alle	6,9	>6,8	6,8 – 6,0	6,0 – 5,2	5,2 – 4,4	< 4,4

I tillegg til ASPT-indeksen, ble EPT-indeksen beregnet for å kunne gi en enkel vurdering av biologisk mangfold. Indeksen benytter summen av (total taksonomisk antall) for døgnfluer (Ephemeroptera), steinfluer (Plecoptera) og vårfluer (Trichoptera) (Lenat and Penrose, 1996).

Forsuringsindeksen RAMI er ikke egnet for de kalkrike bekkene på Hadeland. For å vurdere forsuringsproblematikken som kan oppstå som følge av avrenning fra alunskifer ble forsuringsindeks 1 og 2 beregnet. Disse er kun ment som støtteparametere da de ikke tilfredsstillt kravene til klassifisering i vannforskriften. Klassegrensene er gjengitt i tabell 6.

Tabell 6. Klassegrenser for bunndyrindekser for forsurening (Direktoratsgruppen 2020).

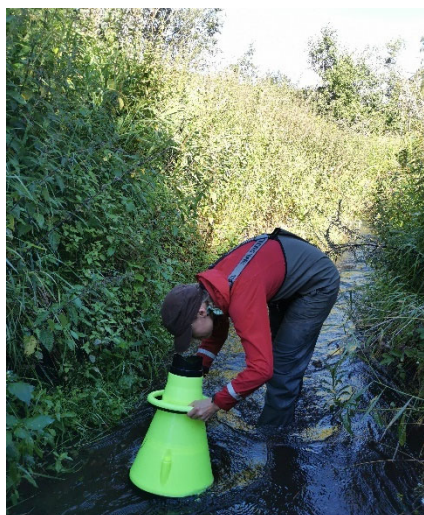
Tabell 5.7a Klassegrenser og referanseverdier for bunndyrindekser for fastsettelse av økologisk tilstand i forsurede elver.				
Tilstandsklasse	RAMI	RAMI	Forsuringsindeks-1	Forsuringsindeks-2
	Svært kalkfattige, klare	Kalkfattige, klare	Alle klare	Alle klare
referanseverdi	4,08	4,5	Ikke definert	Ikke definert
svært god	>3,47	>3,87	1 <sup>1</sup>	1 <sup>12</sup>
god	>3,29 – 3,47	>3,69 - 3,87	>0,77 – 1	>0,77 – 1,0
moderat	>3,08 – 3,29	>3,48 - 3,69	>0,5 – 0,77	>0,5 – 0,77
dårlig	>2,89 – 3,08	>3,28 - 3,48	>0,25 – 0,5	>0,25 – 0,5
svært dårlig	≤2,89	≤3,29	≤0,25	≤0,25

## 2.4.2 Begroingsalger

Prøver av begroingsalger ble tatt oppstrøms og nedstrøms i Vigga (VIG-O og VIG-N), Vøyenbekken (VØY-O og VØY-N) og Nortangenbekken (NOR-O og NOR-N) 30.07.2020 av Johanna Skrutvold og Oda Fosse (figur 7). Begroingsprøvene ble bestemt og indeksplassert av Trond Stabell (Norconsult).

Prøvetaking og dekningsgrad for makroalger ble gjennomført ved hjelp av vannkikkert der en strekning på ca. 10 meter blir undersøkt. Alle synlige makroskopiske bentiske alger ble samlet inn og lagret i hver sine prøveglass (dramsglass). Under feltarbeidet ble det notert dekningsgrad, tetthet og andre forhold som karakteriserte lokaliteten. Prøvene av mikroskopiske alger ble tatt ved å samle 10 steiner med diameter 10-20 cm fra områder av elvebunnen som ligger dypere enn laveste vannstands nivå. Oversiden av hver stein ble børstet (areal ca. 8 x 8 cm), materialet blandes med ca. 1 liter vann og overføres til prøveglass. Alle prøvene tilsettes så konserveringsmiddel (lugol) og oppbevares deretter mørkt og kjølig frem til analyse.

Vannforekomstens tilstand med hensyn til aktuell påvirkning har blitt vurdert etter fastsatte indekser angitt i Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppen vanddirektivet, 2018). Ved klassifisering av analyseresultatene for begroingsalger beregnes PIT-indeksen (Periphyton Index of Trophic status) mht. eutrofiering (tabell 7) og AIP (Acidification Index Periphyton) mht. forsurening (tabell 8). AIP registreres kun dersom det observeres tre eller flere indikatortaksa.



Figur 7. Prøvetaking av begroingsalger i Vøyenbekken

**Tabell 7. Klassegrenser for PIT-indeksen for begroingsalger (Direktoratsgruppen 2018).**

Tabell 5.1a Klassegrenser og referanseverdier for PIT indeksen i de to ulike elvetyper, svært kalkfattige elver (Ca < 1 mg/l) og alle andre elvetyper (Ca > 1 mg/l). Tallene for typenummer er hentet fra Tabell 3 6.							
Elvetype	Kalsium	PIT					Svært dårlig
		Referanse verdi	Svært god	God	Moderat	Dårlig	
R101, R102, R103, R201, R202, R203, R301, R302, R303	<1 mg/l	4,85	<5,5	5,5-14,5	14,5-30	30-46	>46
R104, R105, R106, R107, R108, R109, R110, R204, R205, R206, R207, R208, R304, R305, R306	>1 mg/l	6,71	<9,5	9,5-16	16-31	31-46	>46

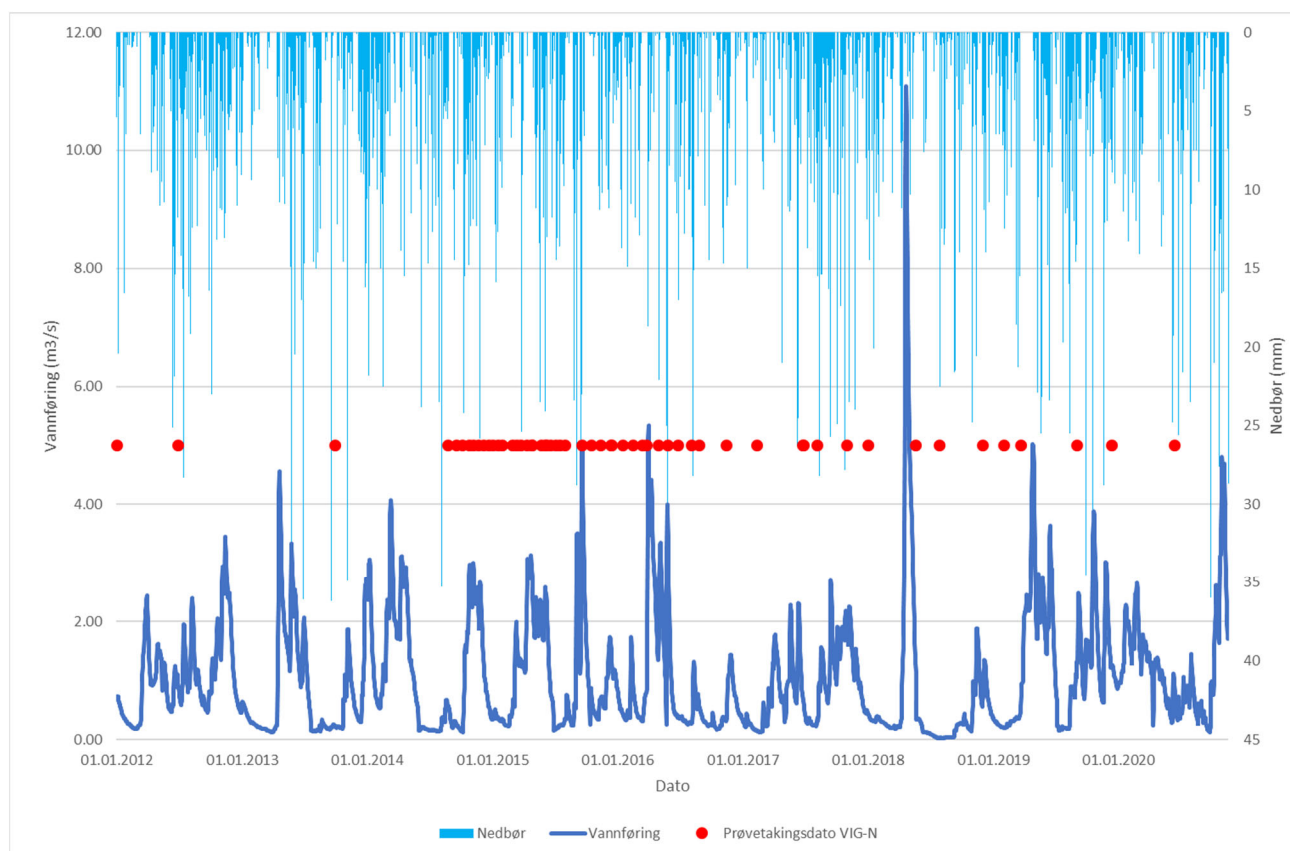
**Tabell 8. Klassegrenser for AIP-indeksen for begroingsalger (Direktoratsgruppen 2018).**

Tabell 5.3a Klassegrenser og referanseverdier for AIP indeksen i de ulike elvetyper. Absoluttverdi. Tallene for typenummer er hentet fra Tabell 3 6.								
Elvetype	Kalsium	TOC	AIP absoluttverdier					
			Referanse-verdi	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
R102, R103, R202, R203, R302, R303	< 1 mg/l	>2 mg/l	6,02	6,02 - 5,93	5,93 - 5,75	5,75 - 5,57	5,57 - 5,39	< 5,39
R101, R201, R301	< 1 mg/l	< 2 mg/l	6,53	6,53 - 6,31	6,31 - 5,87	5,87 - 5,43	< 5,43	ikke definert
R104, R105, R106, R204, R205, R206, R304, R305, R306	1-4 mg/l		6,86	6,86 - 6,77	6,77 - 6,59	6,59 - 6,41	6,41 - 6,23	< 6,23
R107, R108, R109, R110, R207, R208	> 4 mg/l		7,10	7,10 - 7,04	7,04 - 6,92	6,92 - 6,80	6,80 - 6,68	< 6,68

## 3 Resultater

### 3.1 Nedbør og vannføring i prøvetakingsperioden

Data for nedbør og vannføring er hentet fra henholdsvis værstasjonen i Lunner og vannføringsstasjonen i Viggavassdraget ved Jaren, nedstrøms Jarenvatnet og er hentet fra nettsiden senorge.no (figur 8). Vannføringsstasjonen ligger ca. 1300 m nedstrøms Jarenvannet og vil derfor ikke være korrekt i forhold til prøvetakingslokalitetene i bekkene, men vannføringsdataene vil likevel gi informasjon om vannføring ved prøvetakingstidspunkt. Vi antar at nedbør målt ved værstasjonen i Lunner gir et representativt bilde av nedbøren som har falt over prøvetakingsstasjonene da terrenget er nokså i hele området.



Figur 8. Nedbør og vannføring i prøvetakingsperioden. Røde prikker viser dato for vannprøvetaking.

### 3.2 Vannkvalitet i grunnvannsbrønner

#### 3.2.1 Feltmålinger

Det ble utført målinger med håndholdt måleutstyr som senkes ned i brønnene.

Målingene viser at det har vært nærmest oksygenfritt og reduserende forhold mot bunnen i brønnene på myra (B2 og B3) store deler av tiden (tabell 9, figur 9-14). Det har ikke vært mulig å gjennomføre profilmålinger i B1. Med unntak av 15.02.18 og 26.05.20 har redokspotensialet vært under -100 mV fra 2-5 m dyp i både B2 og B3. Trolig skulle redokspotensialet vært mye lavere 26.05.20, da det ble målt



lite oksygen i bunn av begge brønnene (0,9 mg/l i B2 og 0,28 mg/l i B3). Både redoksverdier, pH og oksygenmålinger trenger noe tid til før målingene er stabile, men hvor mye kan variere. Teoretisk skal redoksverdier synke samtidig med oksygenmetning. I våre målinger er denne sammenhengen ikke alltid like klar, noe som tyder på at det er noe usikkerhet i målingene.

Ved B2 har redoksverdiene variert mellom 38 og -312 mV i bunn og 140 og -240 mV øverst (tabell 9). Ved B3 har verdiene variert mellom 48 og -329 mV i bunn og 195 og -51 mV øverst.

Ved B2 har pH variert mellom 6,7 og 8,5 øverst og mellom 7,0 og 8,5 i bunn. Ved B3 har pH variert mellom 7,4 og 8,5 øverst og 7,2 og 8,9 i bunn. Høyeste pH ble målt 27.11.19 ved begge brønnene.

Brønnene B01-B04 nedstrøms masselageret har vist høyere oksygenmetning og redokspotensial enn brønnene B2 og B3 (tabell 8). Det er heller ikke forventet at disse skal ha lav redoks da de ligger utenfor masselageret. pH har ligget stabilt mellom 6,8 og 7,5 i alle brønnene. Ledningsevnen har vært høyest i B02. Dette er også brønnen med høyest oksygenmetning i bunnvannet.

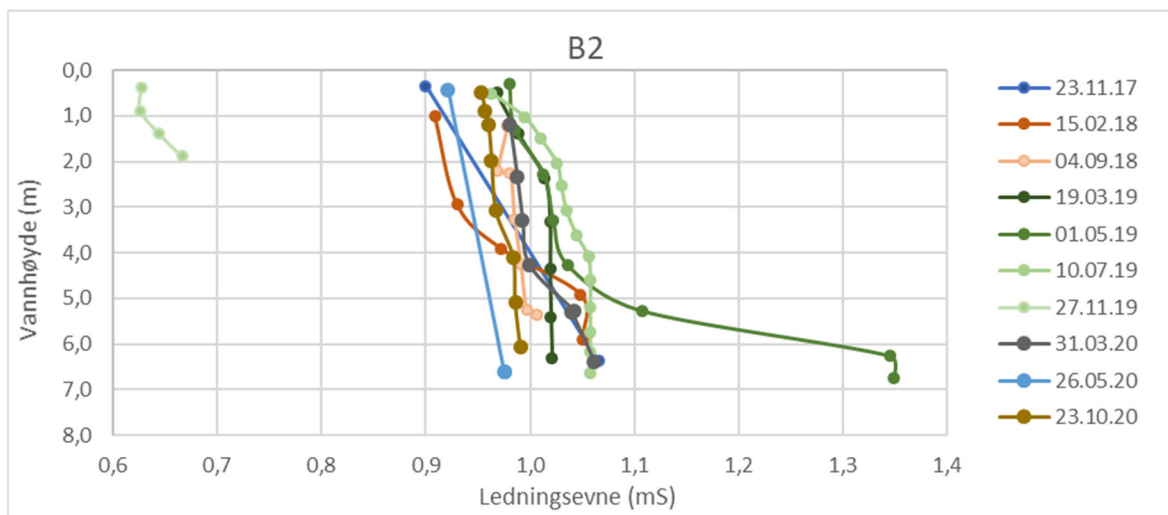
B13 har hatt lite oksygen og lavt redokspotensiale gjennom hele vannsøylen i perioden fra 2017-2020.

Grunnvannshøyden har vært relativt stabil gjennom hele overvåkingsperioden, også gjennom den tørre sommeren 2018 da grunnvannsnivået i Østlandsområdet var historisk lavt (figur 15).

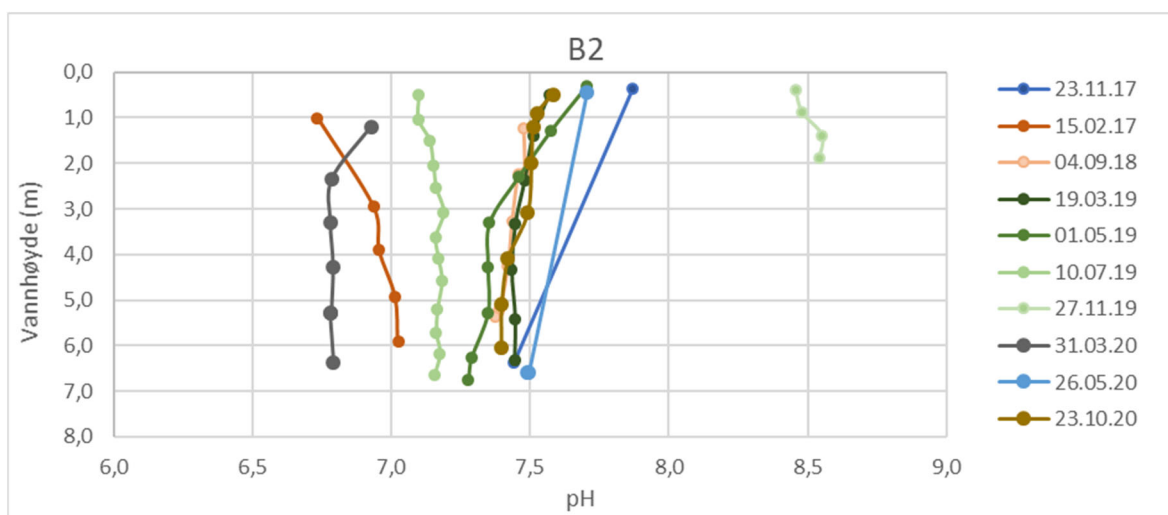
Målinger fra alle brønner og datoer er vist i vedlegg II.

**Tabell 9. Min, snitt- og maksverdier av pH, ledningsevne, oksygenmetning og redokspotensiale i topp og bunn i brønnene B1, B2 i masselageret og B01-B06 nedstrøms masselageret sammenlagt for overvåkingsperioden 2017-2020.**

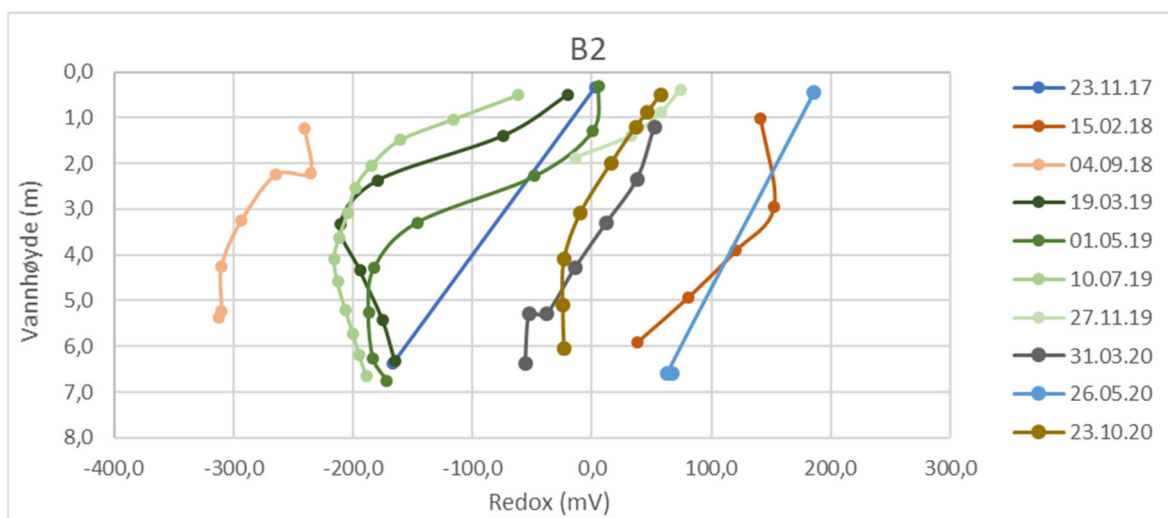
Brønn	Vannivå	pH			Ledningsevne			O <sub>2</sub> -metning			Redokspotensial		
		Min	Snitt	Maks	Min	Snitt	Maks	Min	Snitt	Maks	Min	Snitt	Maks
B2	Topp	6,7	7,6	8,5	0,0	0,8	1,0	20,9	61,6	88,9	-240,3	19,7	186,1
	Bunn	6,8	7,4	8,5	0,7	1,0	1,3	1,2	8,2	41,9	-312,2	-99,3	67,2
B3	Topp	6,7	7,7	8,5	0,0	0,6	1,2	65,9	79,0	88,0	-51,1	92,7	195,8
	Bunn	6,4	7,4	8,9	0,2	0,8	1,4	1,2	3,3	18,2	-329,4	-165,4	48,2
B01	Topp	6,8	7,1	7,5	0,0	0,9	1,8	8,5	65,0	127	-73,9	33,8	211,1
	Bunn	6,7	7,0	7,4	1,4	1,8	2,4	1,6	9,7	43,7	-189,6	-3,0	109,7
B02	Topp	6,8	7,0	7,3	2,4	2,8	3,3	35,1	61,0	90,2	-3,4	87,9	132,7
	Bunn	6,5	6,9	7,3	2,3	2,9	3,4	4,8	16,9	27,7	-40,6	82,6	139,3
B03	Topp	6,7	7,1	7,5	0,0	0,9	1,4	18,7	53,9	95,7	-153,5	-8,4	42,6
	Bunn	6,6	7,0	7,2	1,4	2,1	2,9	1,3	1,7	2,8	-220,4	-123,8	86,9
B04	Topp	6,7	7,1	7,3	1,9	2,5	3,2	23,6	59,2	94,4	11,9	65,3	97,5
	Bunn	6,7	7,0	7,4	1,7	2,4	3,3	2,6	16,2	45,4	-84,3	40,3	111,7
B05	Topp	7,1	7,5	8,0	0,6	0,6	0,6	63,0	83,2	96,8	-34,9	62,5	176,8
	Bunn	7,1	7,4	7,6	0,6	0,6	0,6	82,4	85,8	89,3	13,8	93,5	189,6
B06	Topp	6,8	7,2	7,6	0,6	0,9	1,4	15,5	57,1	92,6	-28,2	50,0	153,0
	Bunn	6,9	7,2	7,4	0,6	1,0	1,4	6,9	37,5	87,5	0,5	65,2	163,5
B13	Topp	6,4	6,9	7,3	1,1	1,2	1,3	54,6	66,2	81,7	-185,5	-176,5	-166
	Bunn	6,9	7,0	7,1	1,1	1,3	1,4	1,2	17,6	50,4	-303,8	-241,1	-194



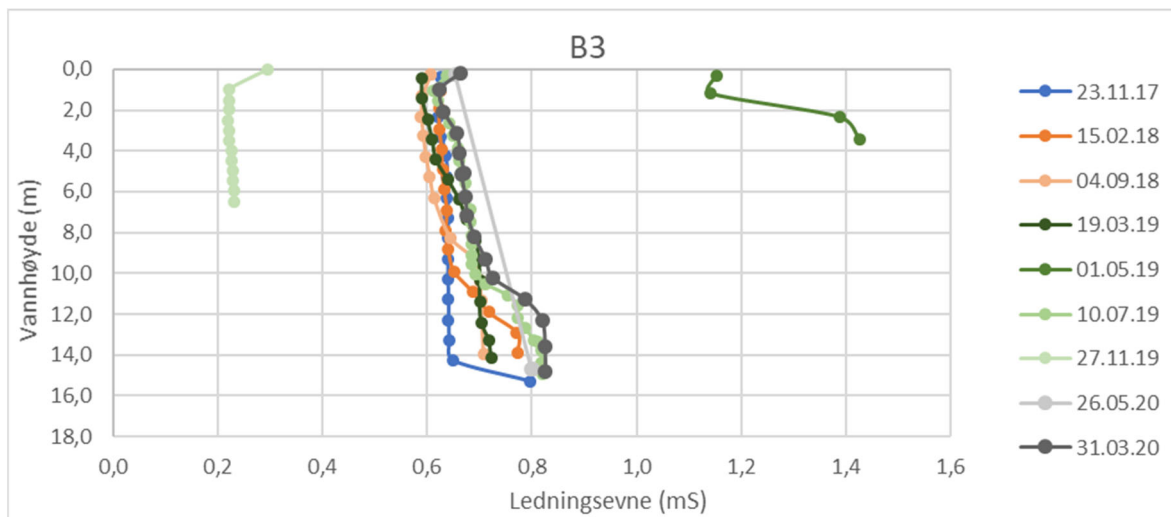
**Figur 9. Dybdemålinger av ledningsevne i brønn B2.**



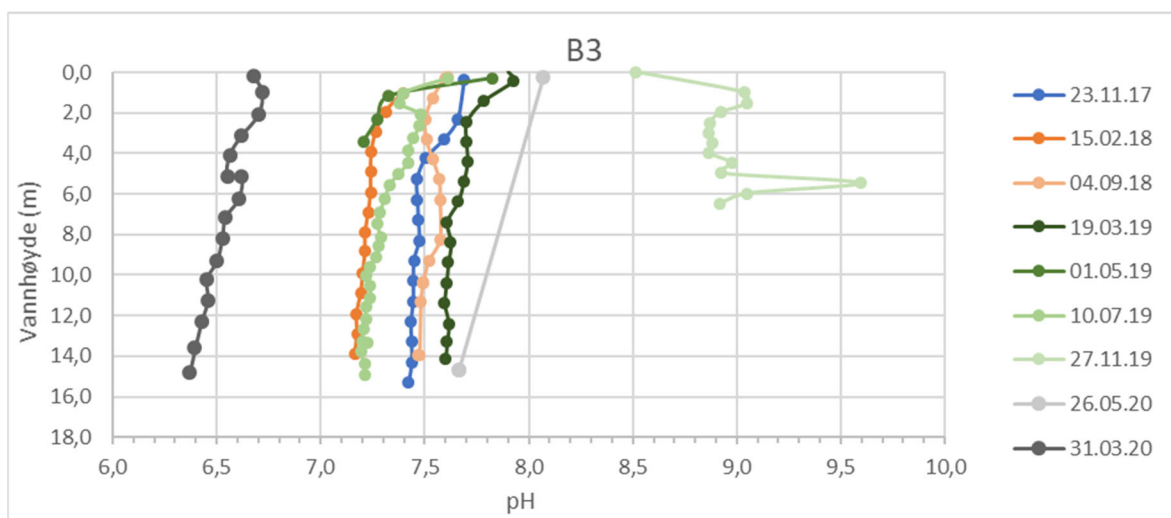
**Figur 10. Dybdemålinger av pH i brønn B2.**



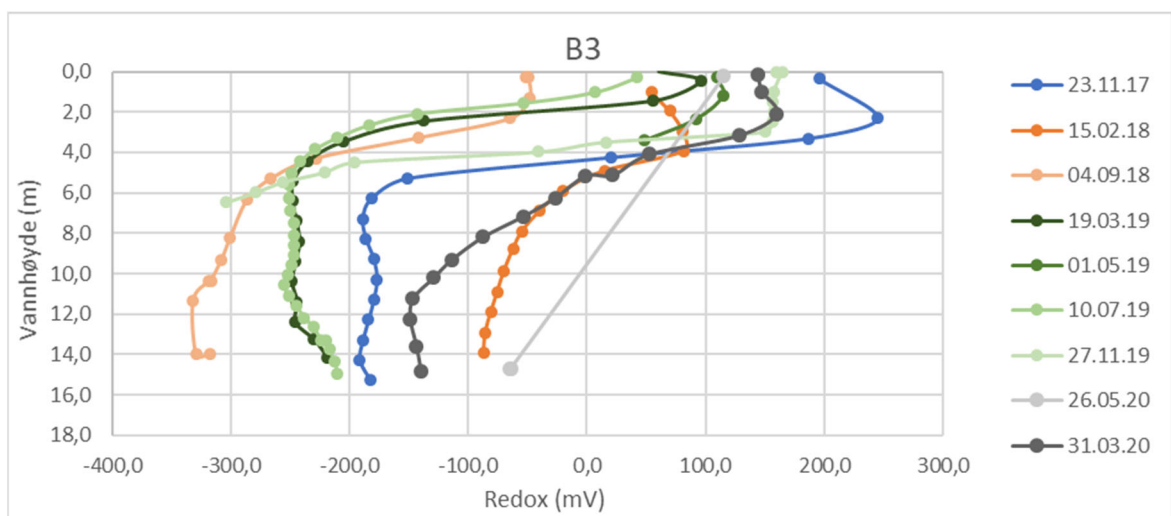
**Figur 11. Dybdemålinger av redokspotensiale i brønn B2.**



Figur 12. Dybdemålinger av ledningsevne i brønn B3.



Figur 13. Dybdemålinger av pH i brønn B3.

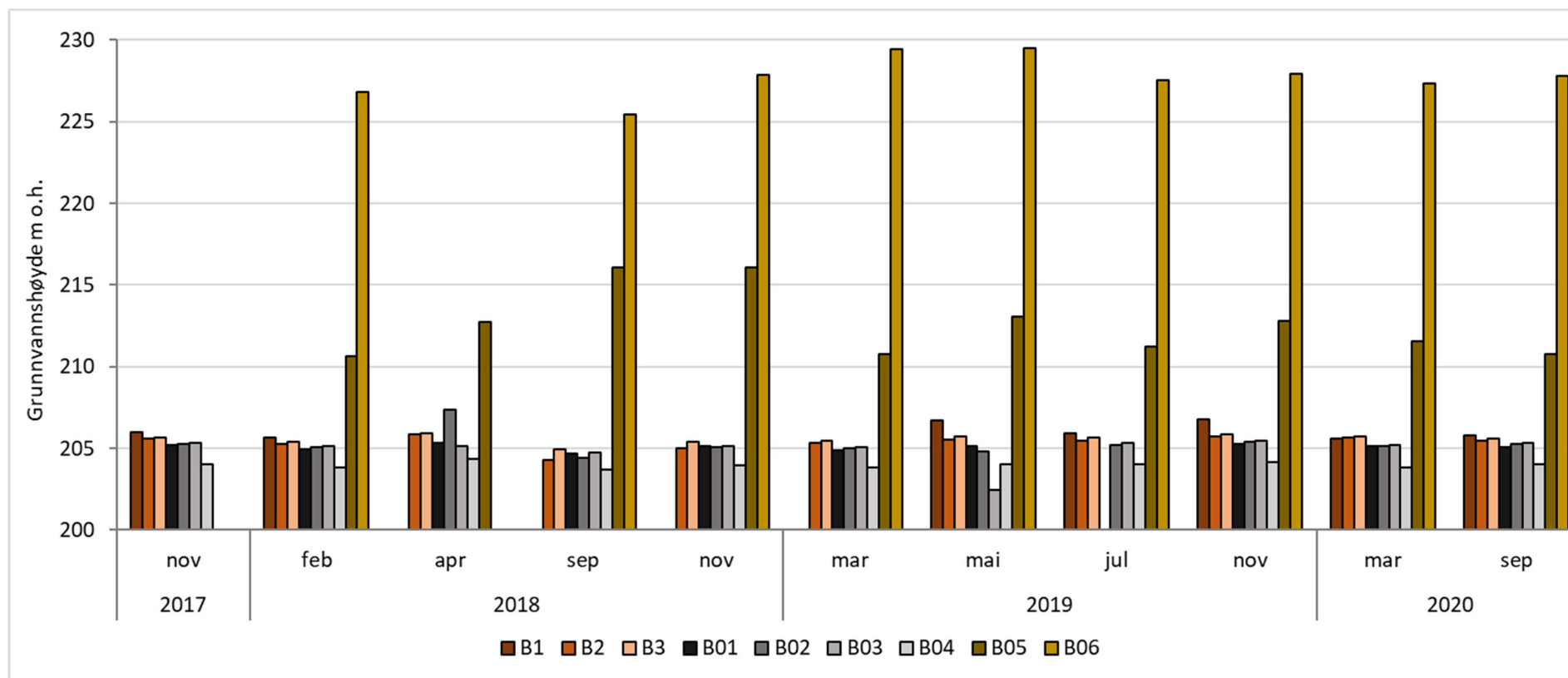


Figur 14. Dybdemålinger av redoks i brønn B3.

Statens Vegvesen og Geonor har gjennomført kontinuerlige målinger av pH, redokspotensiale og temperatur i brønnene B1-B3 fra 2016-2020. Målingene er lagt ved i vedlegg III.

Målingene har vist at pH i B1 har variert mellom 7,4 i 2016 og 6,5 i 2020. Det var et opphold i målinger fra mars 2018 til november 2020. pH falt fra 7,4 i 2016 til 6,9 høsten 2017. pH økte deretter til 7,2 januar 2018 og sank igjen 7,0 feb-mars 2018. Nye data fra 2020 viser at pH har variert mellom 6,5 og 6,7 i november og desember. Tendensen over tid viser en svak syreproduksjon i B1.

Eh i B1 har variert mellom + 550 og - 190 mV. I perioden november/desember 2020 har redokspotensialet (Eh) variert mellom -4 og -158 mV. pH i B3 har variert mellom 7,6 og 7 fra 2016 - 2020, mens Eh stort sett har vært mellom -50 til -200 mV, med laveste verdi -272 mV. Eh-verdiene økt har tydelig i tidspunkt for vannprøvetaking når sonden har blitt heist opp fra brønnen.



Figur 15. Grunnvannshøyde i brønnene B1-B3, B01-B06 og B13 i perioden 2017-2020.

### 3.2.2 Vannprøver fra brønnene B1-B3

Det har blitt tatt vannprøver som stikkprøver fra 2016, til veien ble ferdigstilt i juli 2017, og frem til 2020 (tabell 10 og 11).

I brønnene B1-B3 har pH i vannprøvene i snitt ligget på 7,3- 8,0 gjennom hele NIBIOs overvåkingsperiode. Gjennomsnittlig alkalinitet var på mellom 2,3 og 7,1 mmol/l. I brønn B1 og B2 er det et skille i alkalinitet etter 02.06.17. Ved denne datoen ble det byttet laboratorium fra ALS til Eurofins, og det er mulig at dette har gitt endringer for resultatene, uten at vi har klare indikasjoner på at det er tilfelle. For hele perioden sett under ett (fra 2016) avtar alkaliniteten noe i brønn B3 frem til 2020. Om alkaliniteten avtar over tid vil forholdene i brønnene også endres. Hvor lang tid det vil ta før bufferevnen er brukt opp er noe som bør følges opp videre.

I alle brønnene har det vært høye konsentrasjoner av sulfat. Terskelverdien for god tilstand i grunnvann er 100 mg/l og er lavere enn tiltaksgrenseverdien i drikkevannsforskriften på 250 mg/l. I B1 og B2 har snittkonsentrasjonene vært over 220 mg/l gjennom hele perioden. B3 har hatt lavere konsentrasjoner (<150 mg/l) enn de to andre brønnene (tabell 10, figur 16). Sulfatet blir mest sannsynlig tilført gjennom utlekking fra alunskiferen og kan tyde på at det skjer noe oksidasjon av sulfid til sulfat, alternativt at det skjer utvasking av forekomster av sulfatmineralet jarositt. Konsentrasjonene av sulfat ser ut til å være avtagende i alle brønnene, spesielt i B1 og B2 (figur 17).

Det ser også ut til å være en avtagende trend for uran, nikkell og sink i brønnene B1 og B2, selv om konsentrasjonene fortsatt er forhøyede (figur 18). Konsentrasjonen av uran har generelt vært lav i B3 og snittkonsentrasjonen alle år har vært godt under WHO's anbefalte grenseverdi på 30 µg U/l for drikkevann. Konsentrasjonene av mangan var lavere i 2020 enn tidligere år, spesielt i B3.

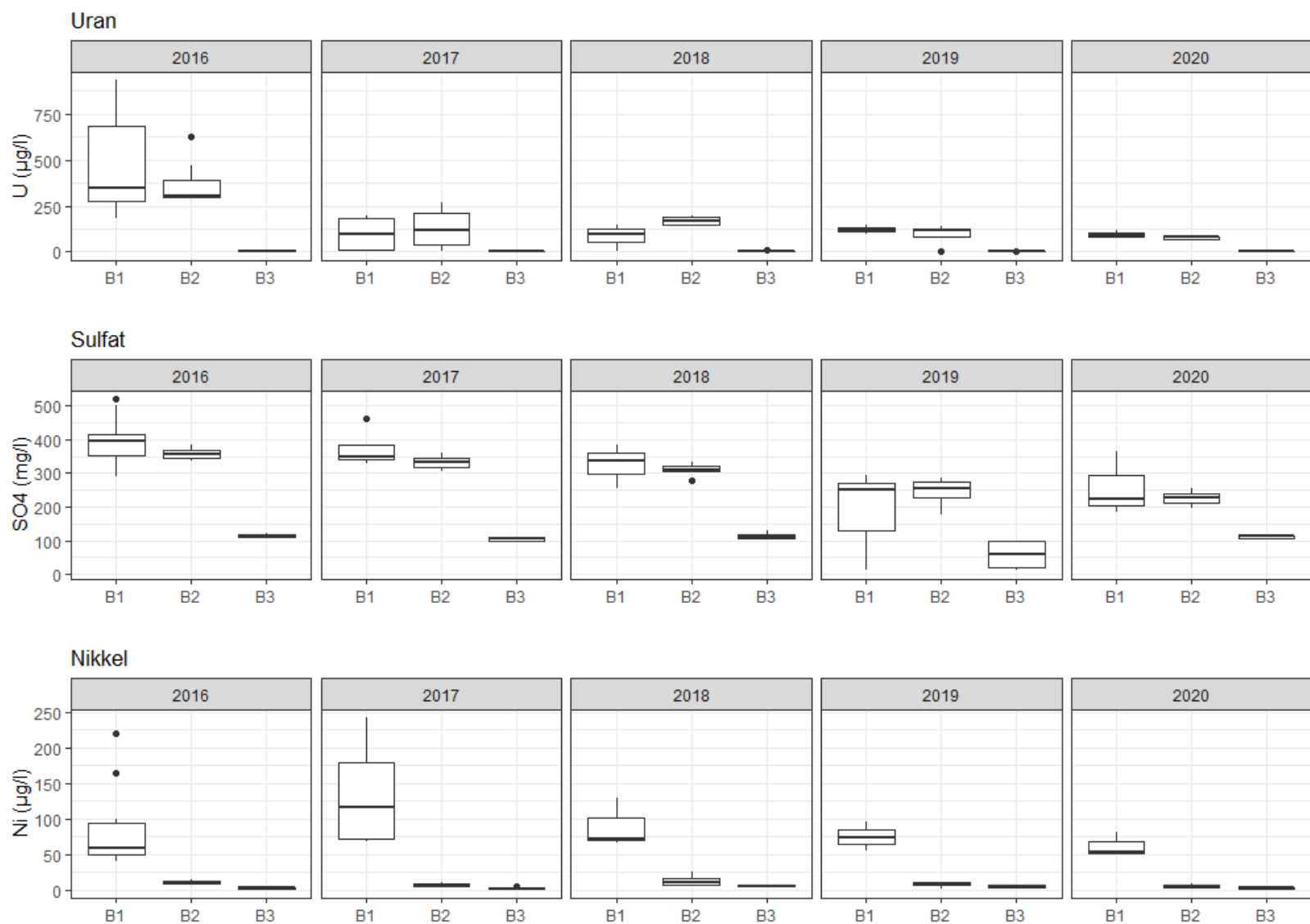
Korrelasjonsplottet for analysene av brønnene B1-B3 samlet (figur 20) viser at ledningsevnen og de fleste metallene, spesielt uran, var negativt korrelert med pH. Uran var positivt korrelert med sulfat, molybden, nikkell, kadmium, mangan, kalsium, magnesium, kalium, klorid, alkalitet og ledningsevne. Dette er i tråd med hva en masterstudent ved UiO fant etter utlekkingsforsøk med nedknust alunskifer fra Gran der han fant at alunskiferen har potensial for å lekke ut tungmetaller og uran ved nøytral pH (Børresen, 2017).

**Tabell 10. Snittkonsentrasjon av ammonium, nitrat, klorid, sulfat, pH, suspendert stoff, ledningsevne og alkalinitet i brønn B1-B3 i perioden 2017-2020. Ammonium, nitrat, klorid og sulfat er klassifisert etter grenseverdiene i Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppen 2018), gjengitt i tabell 3.**

Brønn	År	n	NH <sub>4</sub> -N µg/l	NO <sub>3</sub> -N µg/l	NO <sub>3</sub> µg/l	Klorid mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	pH	SS mg/l	Ledn. mS/m	Alk. mmol/l
B1	2016	13	4000	2837	12560	18,4	396,4	7,7	159,6	107,9	4,7
	2017	4	780	306	1354	15,3	372,5	7,4	46,1	110,0	6,5
	2018	3	637	136	601	23,8	325,7	7,4	30,3	108,5	5,7
	2019	3	325	197	871	25,4	293,0	7,3	35,5	116,0	7,1
	2020	3	50	176	778	17,1	258,0	7,7	25,7	103,9	6,9
B2	2016	7	5824	13	59	19,0	357,1	7,7	21,2	98,0	2,3
	2017	4	3800	47	209	18,2	331,8	7,4	45,2	96,1	4,1
	2018	5	2460	13	56	22,2	309,2	7,5	215,4	95,7	4,4
	2019	4	1380	980	4338	25,0	279,0	7,6	16,3	95,7	4,1
	2020	3	326	984	4358	19,3	226,7	8,0	19,6	89,3	5,2
B3	2016	7	188	29	128	9,6	114,3	7,8	26,2	66,7	4,9
	2017	4	66	106	469	9,9	104,7	7,7	155,0	61,7	4,6
	2018	5	298	26	115	12,9	115,2	7,8	162,4	59,5	4,4
	2019	4	70	550	2435	13,8	98,2	7,8	8,4	61,6	4,1
	2020	3	31	368	1631	12,4	111,0	8,0	14,9	62,7	4,6

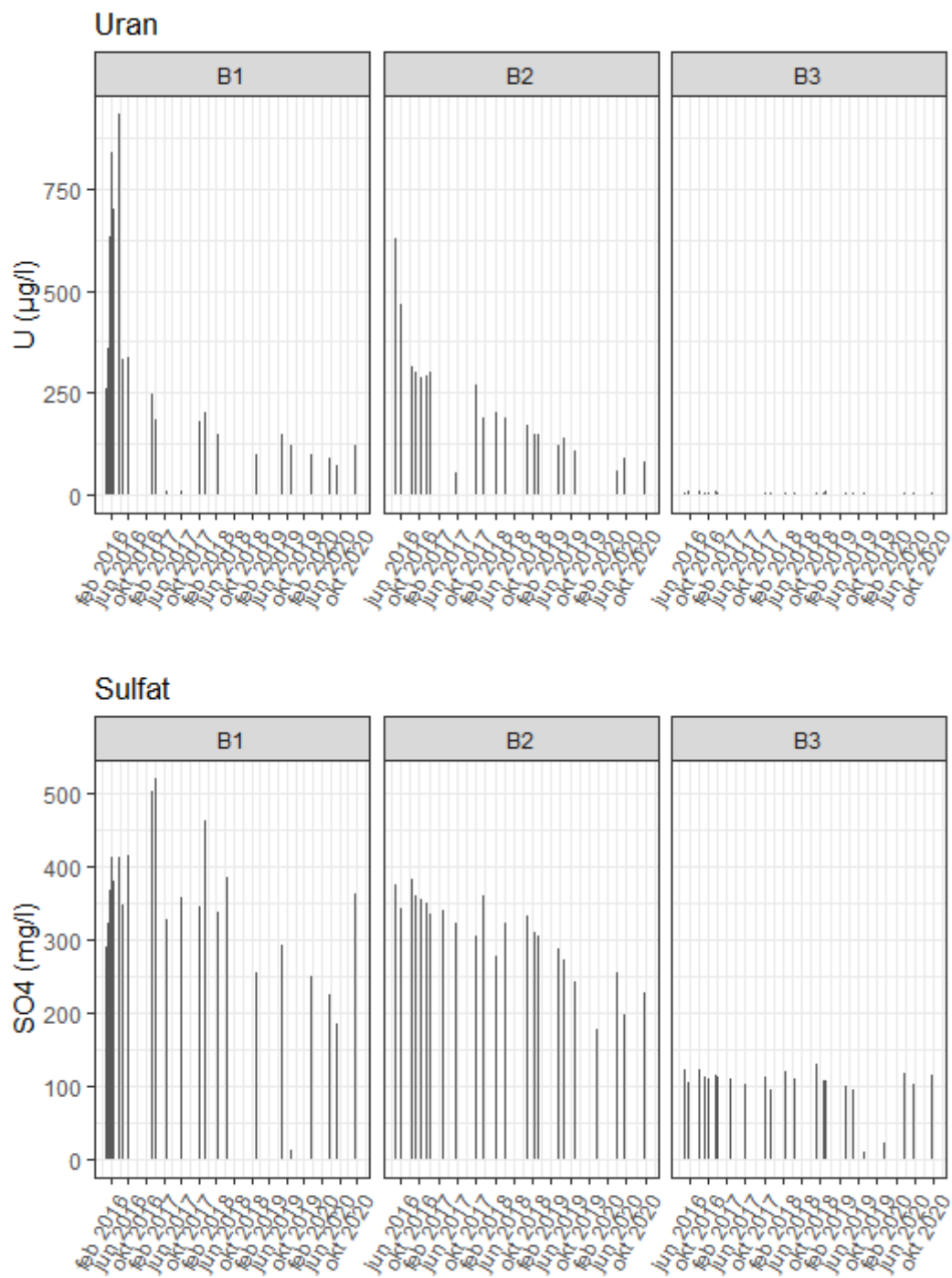
Tabell 11. Snittkonsentrasjoner av tungmetaller ( $\mu\text{g/l}$ ) i vannprøver tatt i brønn B1-B3 i perioden 2016-2020. Verdiene er klassifisert etter grenseverdiene Veileder 02:2018 oppgitt i tabell 3. Verdier over WHO's anbefalte grenseverdi for uran i drikkevann er vist i grått.

Brønn	År	n	As	Cd	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	U
B1	2016	10	2,3	1,322	2,14	0,94	0,3	231,5	86,6	0,603	61,2	482,2
	2017	4	0,3	0,656	0,35	0,01	3,2	384,0	135,5	0,010	63,3	99,5
	2018	3	0,3	0,210	0,43	0,03	6,2	376,7	89,3	0,011	44,7	83,4
	2019	3	0,3	0,023	0,29	0,00	1,3	270,0	74,3	0,000	27,0	123,0
	2020	3	0,3	0,055	0,45	0,05	0,2	78,4	61,7	0,000	42,7	93,3
B2	2016	7	1,3	0,383	1,06	0,03	0,0	520,1	10,0	0,005	13,1	369,3
	2017	4	0,4	0,076	0,16	0,00	0,4	620,8	6,1	0,000	4,6	128,9
	2018	5	0,5	0,026	0,12	0,00	1,8	500,0	13,0	0,010	4,6	172,0
	2019	4	0,1	0,018	0,55	0,00	2,1	544,5	7,0	0,000	7,1	92,9
	2020	3	0,1	0,013	0,47	0,00	1,0	123,8	4,5	0,000	10,0	75,3
B3	2016	7	0,3	0,046	0,30	0,02	0,0	189,3	1,9	0,007	9,5	6,8
	2017	4	0,3	0,014	0,26	0,02	21,8	102,4	2,1	0,008	9,0	3,9
	2018	5	0,4	0,004	1,03	0,00	31,2	186,0	5,1	0,009	5,7	6,9
	2019	4	0,2	0,007	1,52	0,05	15,5	91,6	4,2	0,007	12,4	4,4
	2020	3	0,1	0,004	0,52	0,03	8,8	34,4	2,3	0,000	8,1	5,7

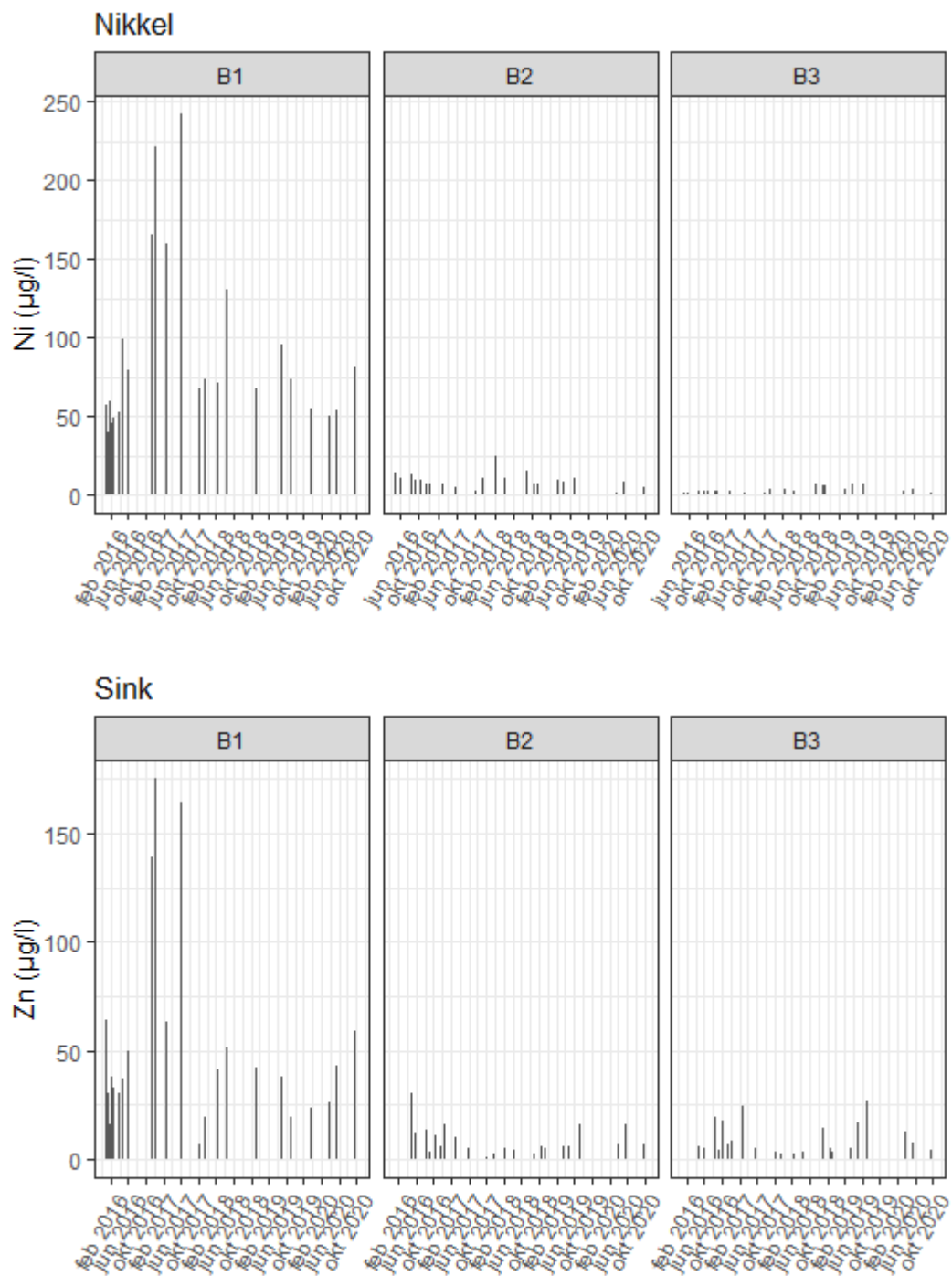


Figur 16. Boksplott med minimum-, 25% kvartil-, median-, 75% kvartil- og maksimum verdier for uran og sulfat (SO<sub>4</sub>) i brønnene B1-B3 for hele prøvetaksperioden. Punkter viser minimum eller maksimum utliggere.

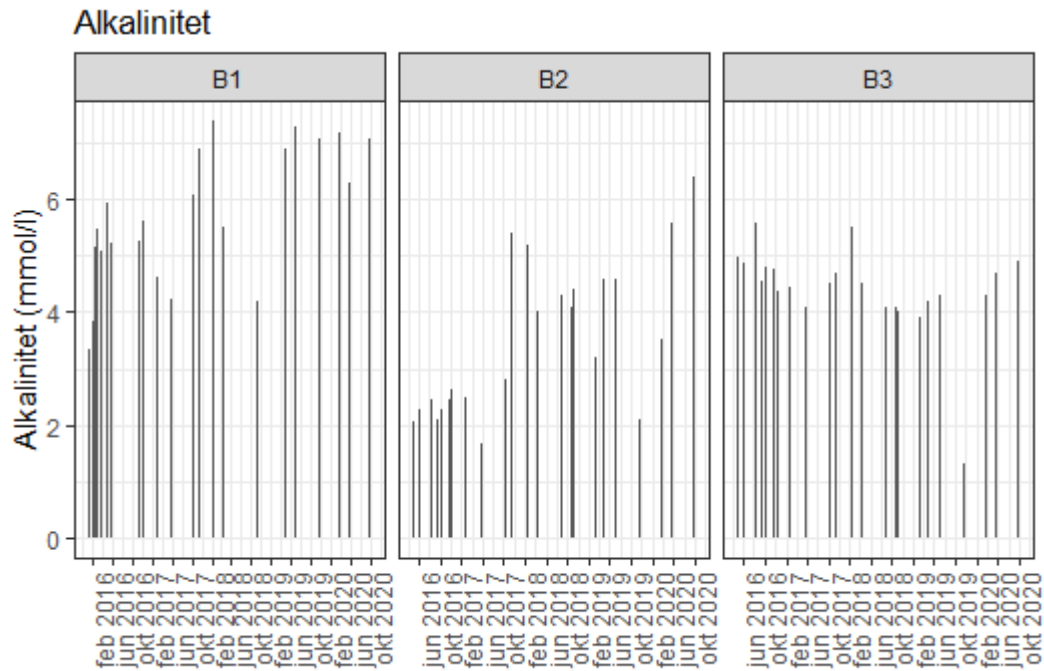




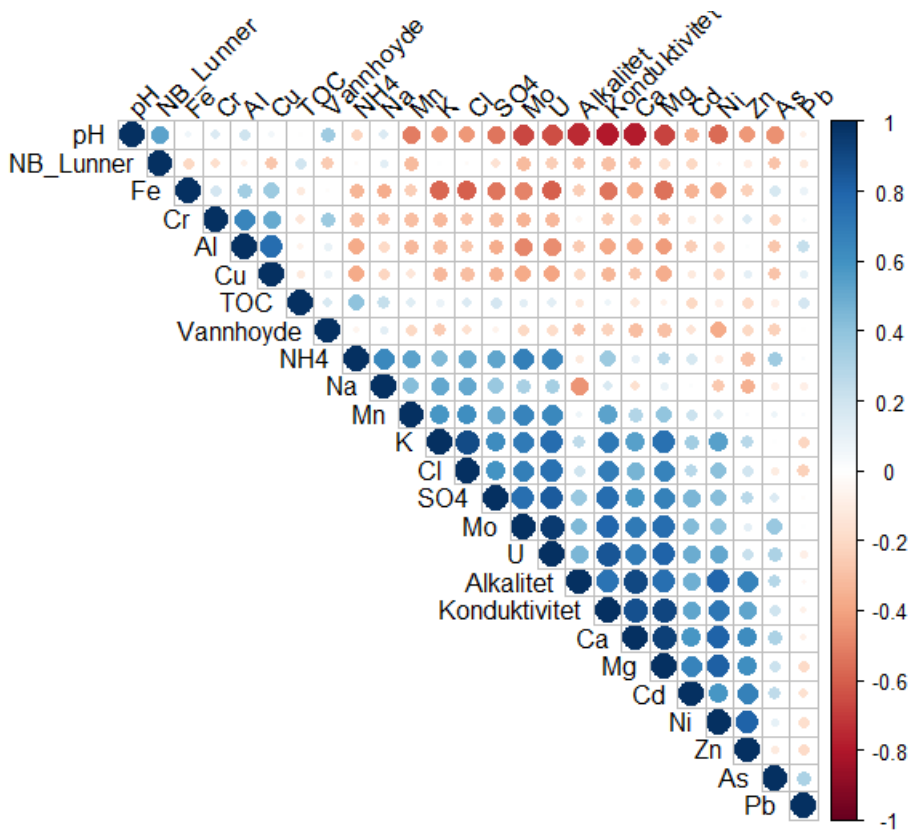
Figur 17. Konsentrasjon av uran og sulfat ( $\mu\text{g/L}$ ) i brønnene ved masselageret i alle prøvetaksrunder fra 2016-2020.



Figur 18. Konsentrasjon av sink og nikkel (µg/l) i grunnvannsbrønnene B1-B3 i perioden 2016-2020.



Figur 19. Alkalinitet i grunnvannsbrønnene B1-B3 i perioden 2017-2020.



Figur 20. Korrelasjonsplott for analyseparametere i grunnvannsbrønnene B1-B3 i perioden 2017-2020.

### 3.2.3 Vannprøver fra brønnene B01 –B06 og B13

Brønnene B05 og B06 ligger oppstrøms masselageret, mens brønnene B01-B04 ligger nedstrøms. Forskjellene mellom disse brønnene kan derfor indikere påvirkning fra masselageret. B05 er svært grunn og har flere ganger vært tørr. Analyseresultater fra prøver tatt etter at veien var ferdigstilt (fra 12.10.2017) er oppsummert med gjennomsnittskonsentrasjoner i tabell 12 og 13 og figurene 22-27.

Alle brønnene med unntak av B05 har hatt høye konsentrasjoner av sulfat over terskelverdien på 100 mg/l (tabell 12, figur 22 og 23). De høyeste konsentrasjonene var i B02 og B04. Konsentrasjonene har vært betydelig høyere i brønnene B01-B04 enn i B1-B3. Det var en også klar økning i sulfat fra brønnene oppstrøms til nedstrøms. Det har ikke vært noen tydelig nedadgående trend i brønnene B01-B04 slik det var for B1-B3. I brønnene B02 og B04 var det stor variasjon mellom år og de høyeste verdiene ble målt i 2017 og 2019. I B03 var konsentrasjonen høyest i 2018.

Konsentrasjonene av uran har også vært høyere i brønnene nedstrøms. Konsentrasjonen av uran var spesielt høy i brønn B03 og B04 og høyere enn B1-B3, noe som kan tyde på at disse brønnene er påvirket av alunskifer (figur 22). B04 får antakelig vis diffus avrenning fra masselageret mens brønn B03 antakelig står i eller i randsonen av masselagret (Fjermestad m.fl. 2018). I 2018 var det også tidvis høy konsentrasjon ved B02. I B03 har konsentrasjonene gått gradvis ned siden 2017, mens det ikke har vært tilsvarende tydelige trender i de andre brønnene.

Konsentrasjoner av arsen, kadmium og bly har vært relativt stabile gjennom overvåkingsperioden og godt under både terskel- og vendepunktverdiene. B02 har hatt høye konsentrasjoner av nikkel (tabell 12 og figur 25).



Figur 21. Jernutfelling i B01.

Utfelling av jern, aluminium og silisium forekom i brønnene B01, B02 og B06. I B01 har utfelling av jern vært spesielt tydelig (figur 21). Brønn B06, som ligger oppstrøms, har tidvis hatt forhøyede konsentrasjoner av partikler, jern, mangan, nitrogen, fosfor, totalt organisk karbon og sink. Utfelling av partikler har vært observert ved flere prøvetakinger. Ved en anledning, da vannstanden var lav, var vannet gjørmeaktig. B06 har også høyest alkalinitet i gjennomsnitt. Det er usikkert hva de høye verdiene i denne brønnen skyldes, men den ligger midt i et jordbruksområde der det nå dyrkes korn, og hvor det tidligere har vært husdyrhold. Erosjon fra åpen åker kan derfor være en medvirkende årsak til høye partikkelkonsentrasjoner, men dette er foreløpig kun en teori.

B05 har hatt de høyeste snittkonsentrasjonene av nitrat, men likevel under terskelverdien på 50 mg NO<sub>3</sub>/l. B05 er svært grunn og har ved flere tilfeller vært uten vann og har derfor ikke blitt prøvetatt like ofte.

I brønn B13 har det ved flere anledninger blitt observert svart bakteriebelegg eller utfelling i røret til brønnen. Vannet har også en tydelig lukt av råttent egg som tyder på oksygenfrie forhold og dannelse av H<sub>2</sub>S. Profilmålingene har vist at det er lite oksygen og reduserende forhold stort sett gjennom hele vannsøylen. Det er tidvis forhøyede konsentrasjoner av sulfat, nikkel, sink, jern og mangan.

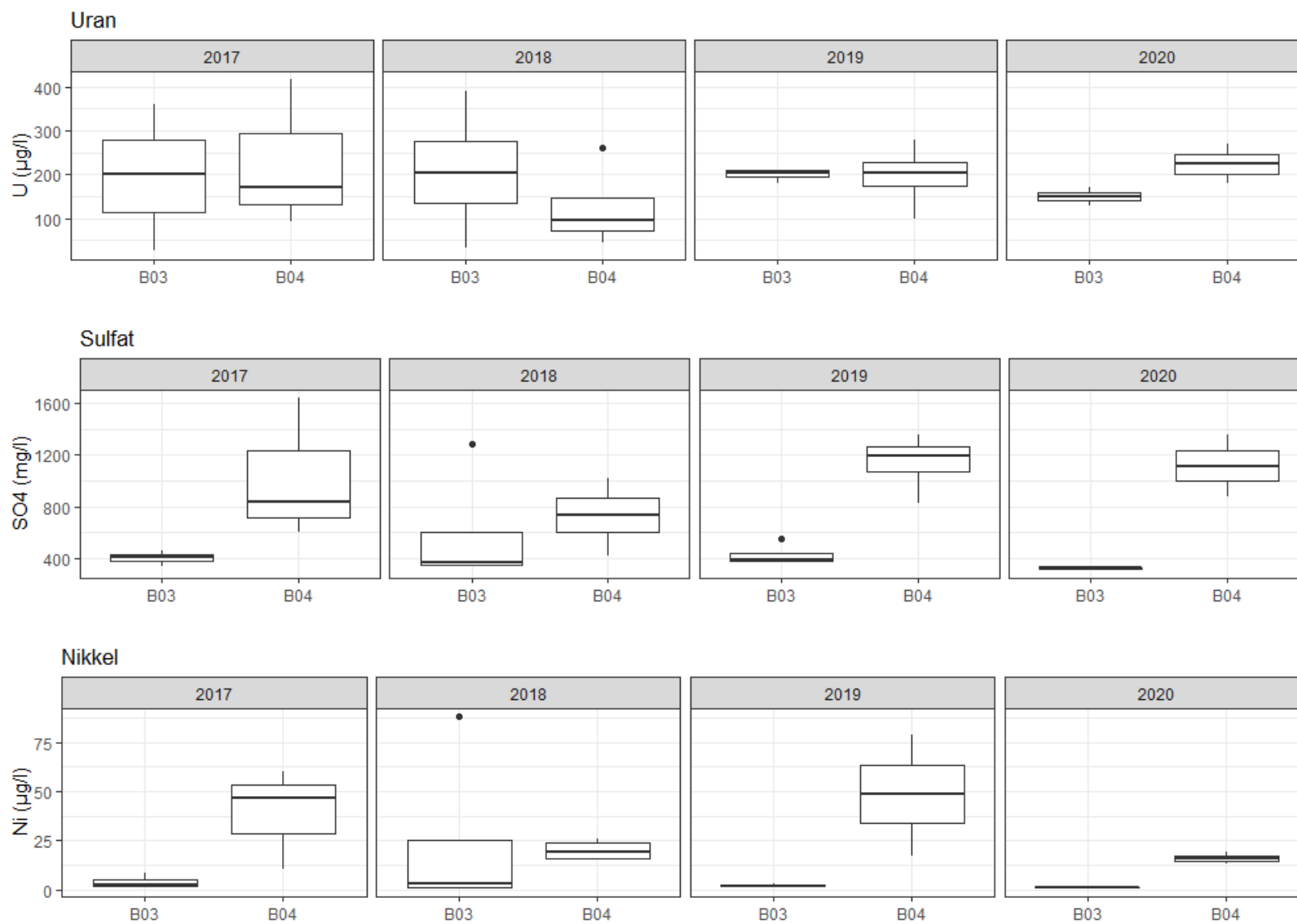
Korrelasjonsplottene for B03 og B04 (figur 28) viser ikke den samme tydelige sammenhengen mellom pH og uran som for B1-B3 (figur 20) til tross for at konsentrasjonene har vært nokså like. Uran korrelerer positivt med ammonium, molybden og mangan. Det er liten sammenheng mellom uran og de andre parameterne.

**Tabell 12.** Snittkonsentrasjon av ammonium (NH<sub>4</sub>), nitrat (NO<sub>3</sub>-N og NO<sub>3</sub>) klorid (Cl), sulfat (SO<sub>4</sub>), pH, suspendert stoff (SS), ledningsevne og alkalinitet i brønn B01-B06 og B13 i perioden 2017-2019. Ammonium, nitrat, klorid og sulfat er klassifisert etter grenseverdiene i Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppen 2018), gjengitt i tabell 3.

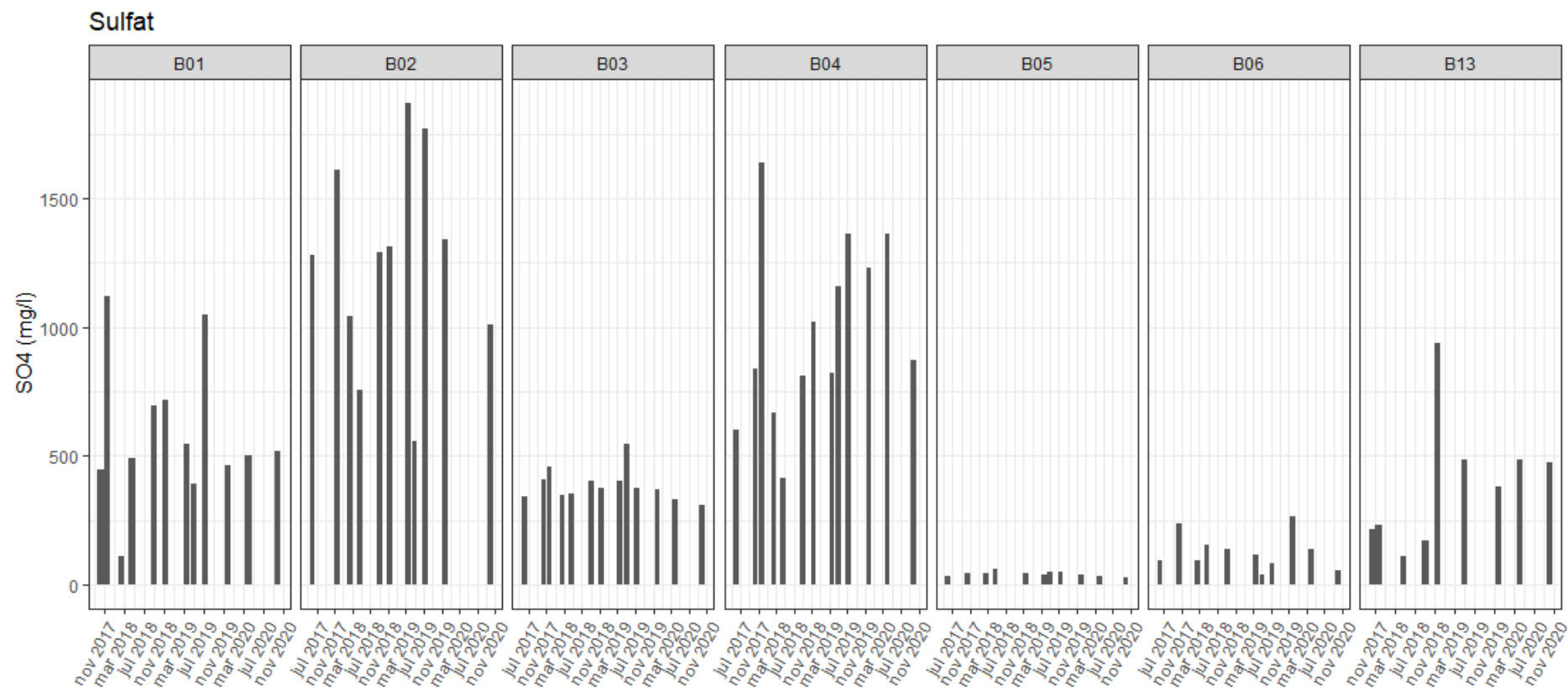
Brønn	År	n	NH <sub>4</sub> -N µg/l	NO <sub>3</sub> -N µg/l	NO <sub>3</sub> µg/l	Klorid mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	pH	SS mg/l	Ledn. mS/m	Alk. mmol/l
B01	2017	2	124	120	531	38,0	784,5	7,3	113,5	163,5	3,75
	2018	4	246	204	903	152,9	503,3	7,3	497,5	151,5	4,60
	2019	4	255	106	470	124,2	611,8	7,2	1117,5	182,5	6,65
	2020	2	74	54	237	39,5	509,0	7,4	455,0	118,5	3,7
B02	2017	2	106	18550	82 121	364,5	1445,0	7,0	203,5	377,5	3,10
	2018	4	520	1037	4592	139,2	876,3	7,2	89,0	220,5	6,05
	2019	4	46	4513	19 977	69,7	1384,3	7,1	1020,5	272,0	6,33
	2020	3	76	932	4088	61,8	883,0	7,3	326,7	182,0	5,1
B03	2017	3	906			54,4	401,7	7,4	289,0	144,3	4,33
	2018	4	877	209	927	58,3	590,5	7,4	1730,0	164,5	6,68
	2019	4	1275	5	21	36,6	423,3	7,4	190,3	133,5	6,70
	2020	2	1180	5	22	25,3	322,	7,5	35,0	115,5	7,3
B04	2017	3	298	2877	12735	79,3	1025,7	7,3	1396,7	238,7	4,70
	2018	4	293	1878	8312	62,0	727,5	7,4	582,5	178,8	6,20
	2019	4	443	1698	7515	74,7	1143,5	7,2	235,5	245,3	6,93
	2020	2	263	500	2214	69,0	1116,5	7,4	57,5	228,5	7,1
B05	2017	2	278	5930	26 252	23,4	39,5	7,6	559,0	62,5	2,40
	2018	3	14	5800	25 677	30,4	50,3	7,6	1543,3	66,2	6,07
	2019	4	14	8075	35 748	18,8	45,0	7,5	255,0	63,7	5,05
	2020	2	0	8500	37 630	12,1	30,8	7,6	610,0	56,2	5,2
B06	2017	2	667	1915	8478	51,9	166,5	7,4	5238,0	135,0	8,50
	2018	3	286	2073	9179	40,9	129,3	7,5	5140,0	107,0	16,33
	2019	4	246	4175	18 483	13,9	125,5	7,3	120,8	85,8	6,70
	2020	2	845	680	3010	30,0	98,3	7,4	225,0	127,0	19,0
B13	2017	2	1500	11	49	13,5	222,5	7,2	240,0	111,5	9,00
	2018	4	378	1843	8157	15,9	332,8	7,0	163,0	113,0	6,10
	2019	2	740	2800	12 396	9,2	432,0	6,8	180,0	120,5	6,60
	2020	2	1125	31	138	8,9	480,0	7,1	120,0	144,0	8,9

Tabell 13. Snittkonsentrasjon av tungmetaller ( $\mu\text{g/l}$ ) i vannprøver tatt i brønn B01-B06 og B13 i perioden 2017-2020. Verdiene er klassifisert etter grenseverdiene i Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppen 2018) oppgitt i tabell 3. Verdier over WHO's anbefalte grenseverdi for uran i drikkevann er vist i grått.

Brønn	År	n	As	Cd	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	U
B01	2017	2	0,1	0,057	0,40	0,00	1,6	236,5	44,0	0,010	8,2	23,0
	2018	4	0,1	0,036	0,61	0,00	8,2	133,1	20,3	0,000	2,1	21,8
	2019	4	0,1	0,026	0,62	0,00	2,0	315,0	30,5	0,000	2,7	32,8
	2020	2	0,1	0,026	0,35	0,00	9,7	29,5	20,7	0,000	1,8	13,5
B02	2017	2	0,1	0,169	1,27	0,02	0,4	203,5	293,5	0,045	34,8	37,5
	2018	4	0,1	0,037	0,58	0,02	1,7	342,5	56,1	0,000	11,0	70,3
	2019	4	0,1	0,063	0,44	0,15	1,0	68,1	125,0	0,000	11,5	25,8
	2020	3	0,1	0,016	0,39	1,10	3,0	43,3	49,8	0,004	2,8	17,0
B03	2017	3	2,0	0,122	0,54	0,00	0,9	362,7	4,2	0,012	6,3	195,3
	2018	4	0,8	0,032	0,27	0,00	2,0	251,8	23,7	0,000	4,1	208,5
	2019	4	0,4	0,033	0,48	0,00	1,1	357,5	2,2	0,007	5,2	200,0
	2020	2	0,1	0,005	0,36	0,00	1,7	340,0	0,9	0,000	6,5	150,0
B04	2017	3	0,2	0,283	0,65	0,02	0,5	442,0	39,2	0,019	16,9	226,7
	2018	4	0,1	0,121	0,52	0,00	0,4	219,3	20,3	0,000	13,1	124,3
	2019	4	0,1	0,350	0,74	0,00	0,8	395,0	48,5	0,000	38,7	197,5
	2020	2	0,1	0,120	0,39	0,03	0,5	26,4	16,0	0,000	21,5	225,0
B05	2017	2	0,2	0,005	0,24	0,05	0,0	54,2	0,9	0,006	2,2	3,2
	2018	3	0,2	0,007	0,35	0,09	1,1	31,8	1,1	0,008	2,8	3,4
	2019	4	0,1	0,008	0,72	0,10	0,1	12,3	2,8	0,000	3,4	1,6
	2020	2	0,1	0,002	0,19	0,10	0,0	0,8	0,3	0,000	2,9	1,2
B06	2017	2	0,3	0,069	5,58	0,08	39,0	5275,0	7,7	0,000	13,6	7,8
	2018	3	0,4	0,023	2,80	0,08	71,0	6681,7	6,1	0,000	4,2	6,0
	2019	4	0,4	0,078	4,58	0,10	4,0	1187,6	4,6	0,003	48,0	5,2
	2020	2	0,4	0,049	3,95	0,10	8,0	5450,0	6,3	0,000	13,5	5,8
B13	2017	2	0,3	0,015	0,73	0,00	11,0	2000,0	9,0	0,011	3,0	6,2
	2018	4	0,3	0,035	2,63	0,05	9,6	620,0	6,7	0,000	15,0	8,5
	2019	2	0,3	0,023	1,33	0,03	12,0	1600,0	9,7	0,000	13,0	15,7
	2020	2	0,2	0,017	0,50	0,00	5,0	1060,0	12,0	0,000	8,6	3,7



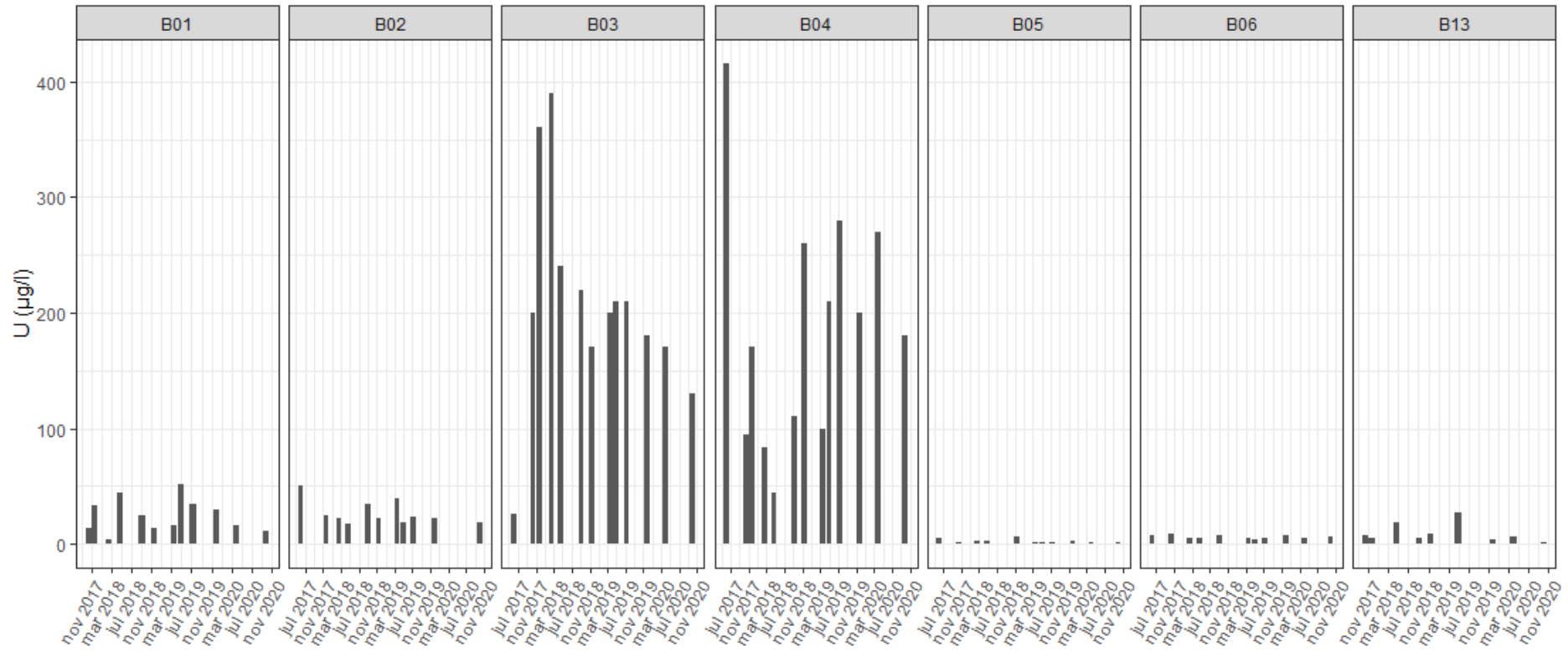
Figur 22. Boksplott med minimum-, 25% kvartil-, median-, 75% kvartil- og maksimum verdier for uran (U), sulfat (SO<sub>4</sub>) og nikkel (Ni) i brønnene B01-B06 og B13 i perioden 2017-2020. Punkter viser minimum eller maksimum utliggere.



Figur 23. Sulfat i grunnvannsbrønnene nedstrøms (B01-B04) og oppstrøms (B05 og B06) masselageret og grunnvannsbrønnene B1-B3.

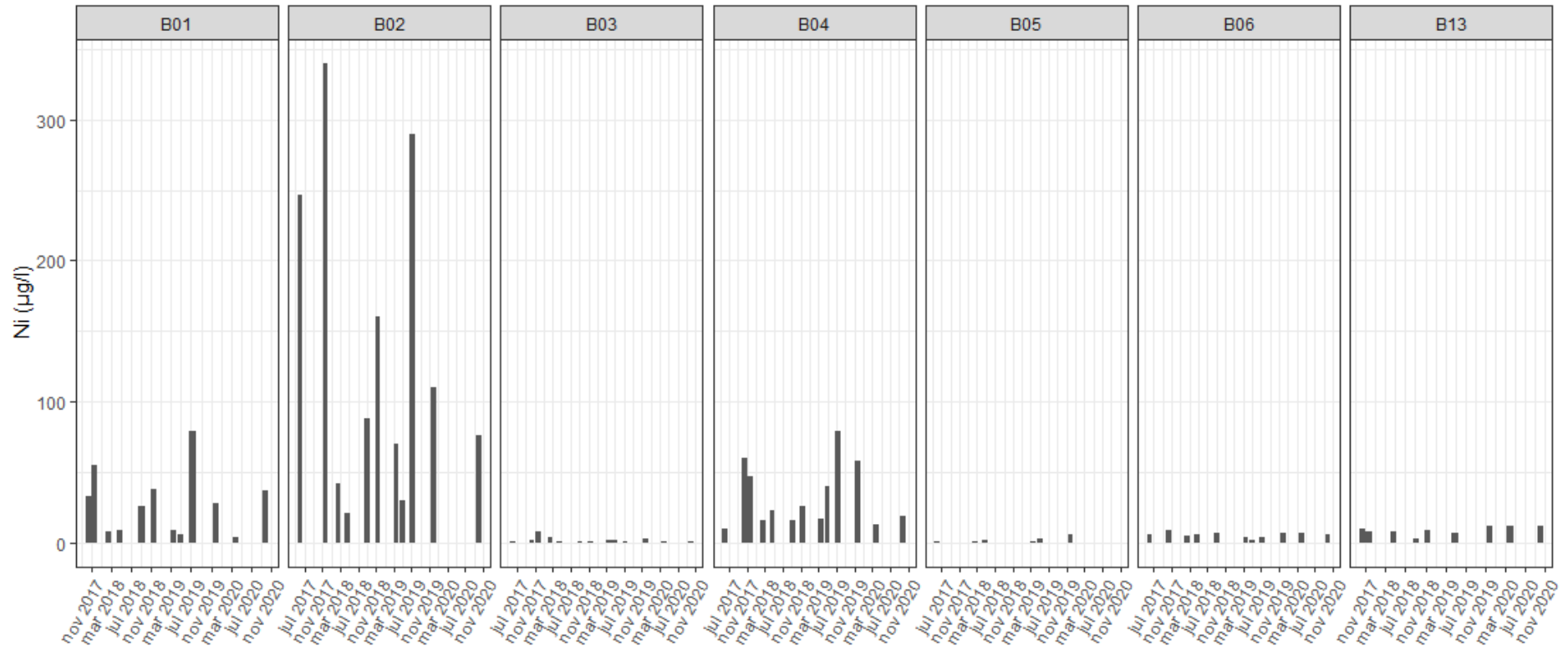


# Uran

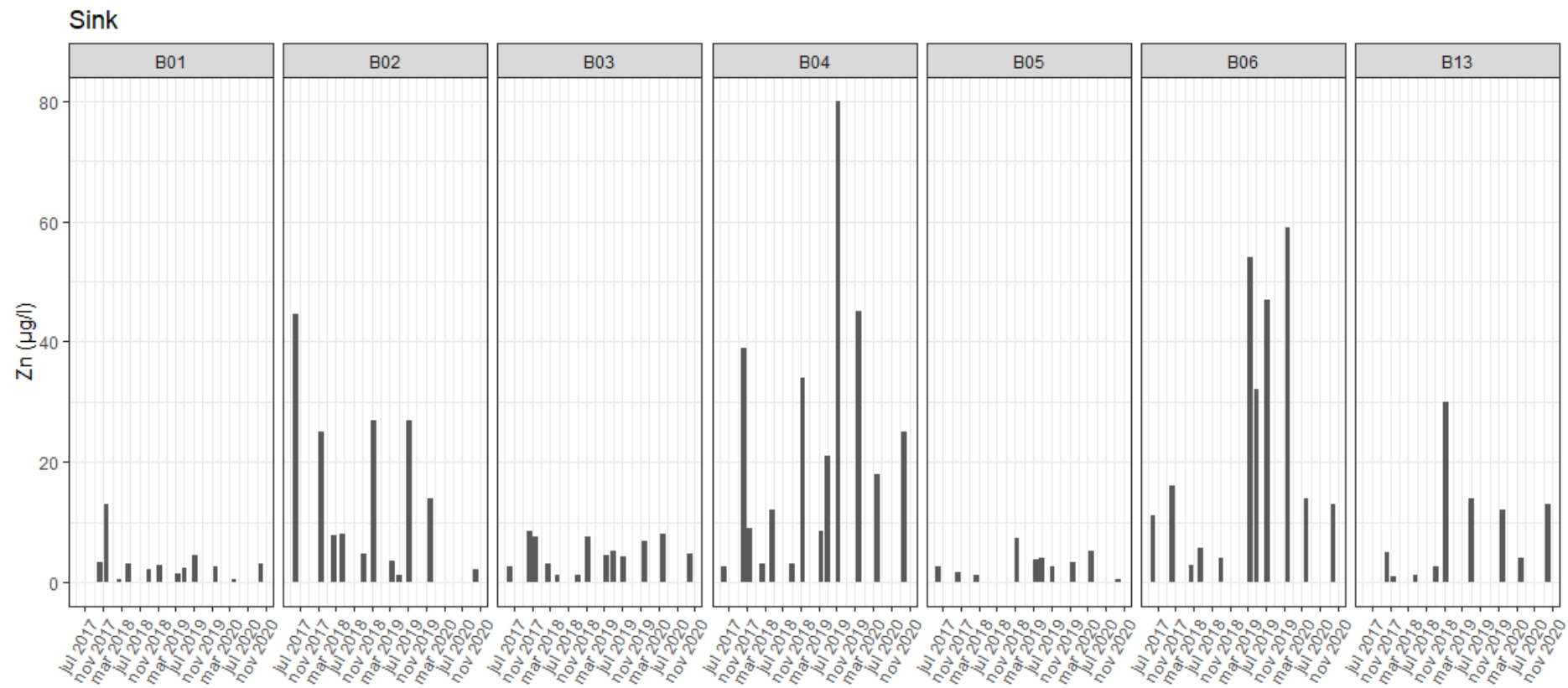


Figur 24. Uran i grunnvannsbrønnene nedstrøms (B01-B04) og oppstrøms (B05 og B06) masselageret og grunnvannsbrønnene B1-B3.

## Nikkel

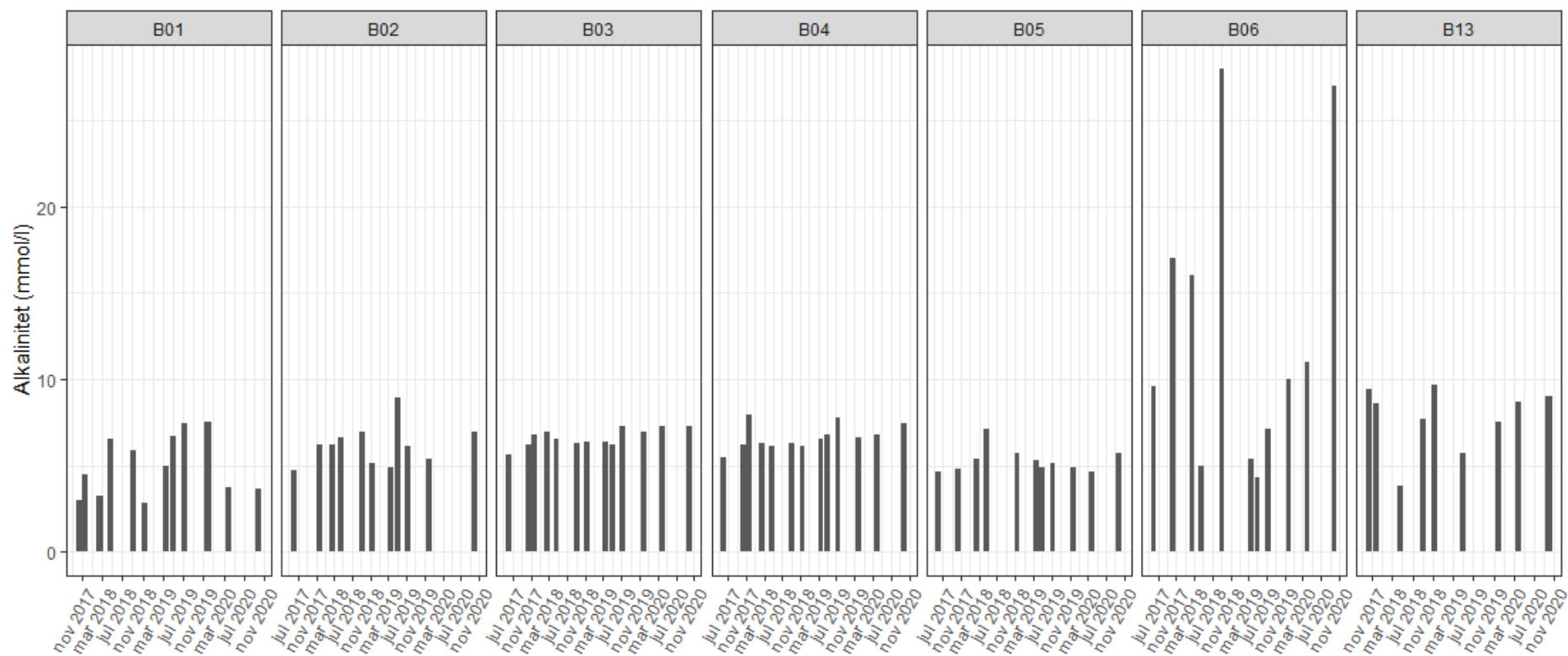


Figur 25. Nikkel i grunnvannsbrønnene nedstrøms (B01-B04) og oppstrøms (B05 og B06) masselageret og grunnvannsbrønnene B1-B3.

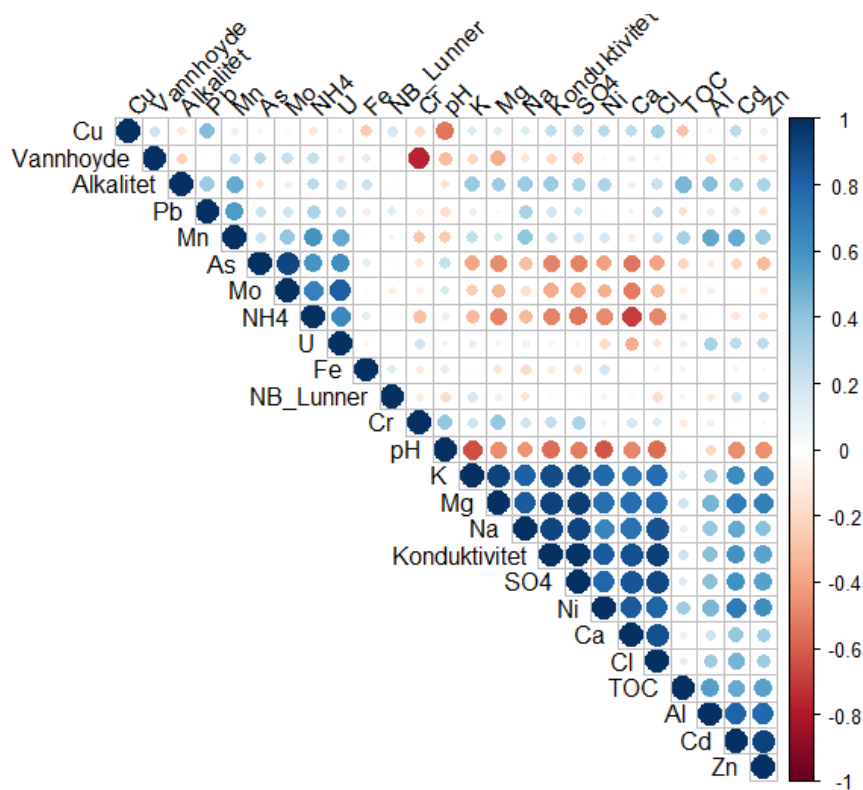


Figur 26. Sink i grunnvannsbrønnene nedstrøms (B01-B04) og oppstrøms (B05 og B06) masselageret og grunnvannsbrønnene B1-B3.

## Alkalinitet



Figur 27. Alkalinitet i grunnvannsbrønnene B01-B04 nedstrøms masselageret, B05-B06 oppstrøms masselageret og B13.



Figur 28. Korrelasjonsplot for analyseparametere i grunnvannsbrønnene B03 og B04.

### 3.3 Vannkvalitet i resipienter

#### 3.3.1 Vøyenbekken og TUN-UT

I Vøyenbekken var konsentrasjonene av uran, sink, nikkel, sulfat og mangan generelt høyere i vannprøvene tatt nedstrøms (VØY-N) påslipp av drens- og vaskevann fra tunnelen (TUN-UT) for stort sett hele overvåkingsperioden (tabell 14 og 15, figur 29-30). Det var en spesielt høy økning i konsentrasjonene for de samme stoffene i prøvene tatt nedstrøms i Vøyenbekken den 10.07.2019 og 19.12.2019.

Den relative økningen i konsentrasjoner i 2019 for uran, sink, nikkel, sulfat og mangan er stor, men ingen enkeltkonsentrasjoner av metaller overskrider tilstandsklasse II bortsett fra for nikkel. Den høyeste konsentrasjonen av uran ble målt i 2019 (108 µg/l). Gjennomsnittskonsentrasjonene av de andre metallene er i tilstandsklasse I eller II.

I november 2020 ble det tatt prøve akkurat da pumpa gikk ved TUN-UT. Et grovt estimat av vannføringa ut av TUN-UT på det tidspunktet var ca. 10 l/s. Prøvene som ble tatt i TUN-UT og VØY-N hadde spesielt høye konsentrasjoner av sink innenfor tilstandsklasse I (dårlig). Uran- og nikkelkonsentrasjonene var høyest i prøvene tatt i mars.

Figur 31 viser korrelasjonsdiagrammet for Vøyenbekken nedstrøms stasjon. Uran viser en tydelig positiv korrelasjon med mangan, kadmium, molybden, sink, basekationene, sulfat, alkalitet og konduktivitet. Det var negativ korrelasjon mellom uran og pH. Det var imidlertid få prøver som er basis for korrelasjonsdiagrammet (n=4), så sammenhengene er nok ikke signifikante.

Tabell 14. Gjennomsnittskonsentrasjoner av ammonium, nitrat, klorid, sulfat, pH, suspendert stoff, ledningsevne og alkalinitet i Vøyenbekken, oppstrøms og nedstrøms masselageret i perioden 2017-2020.

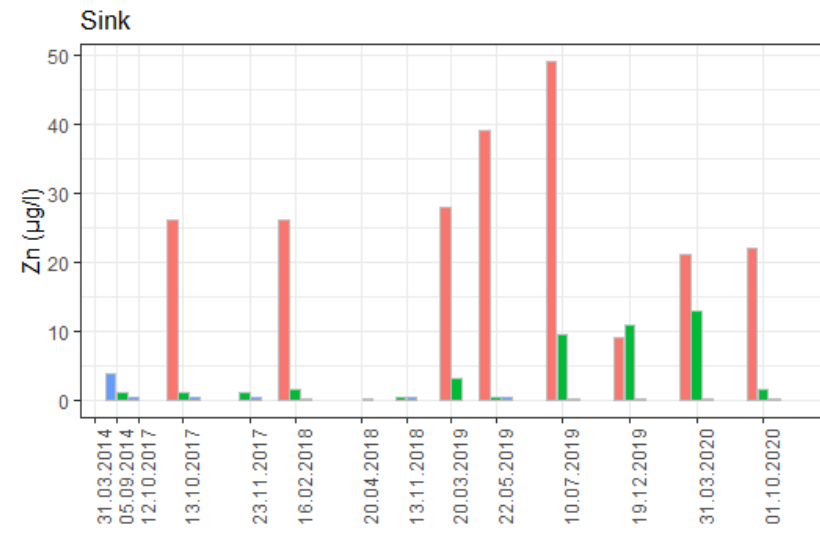
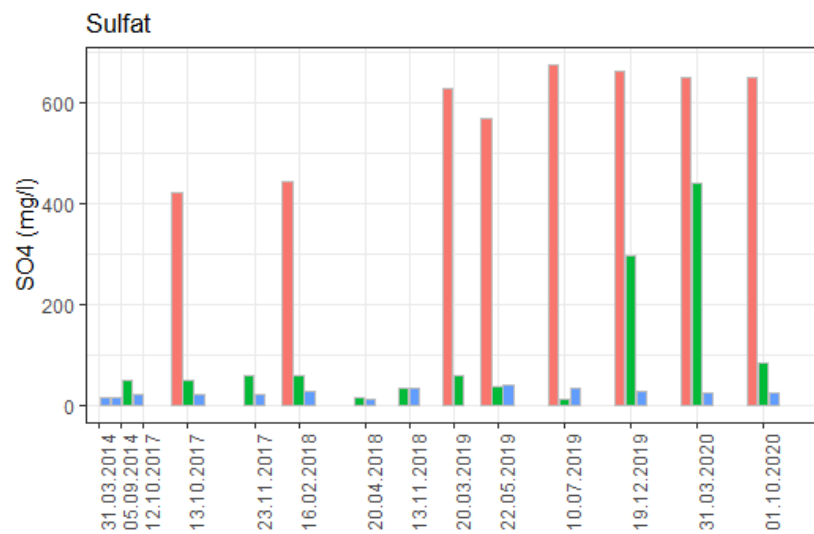
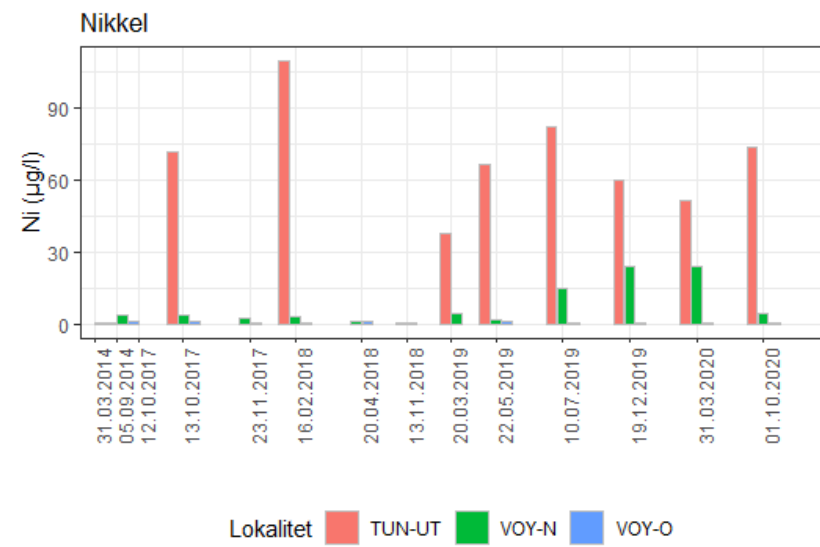
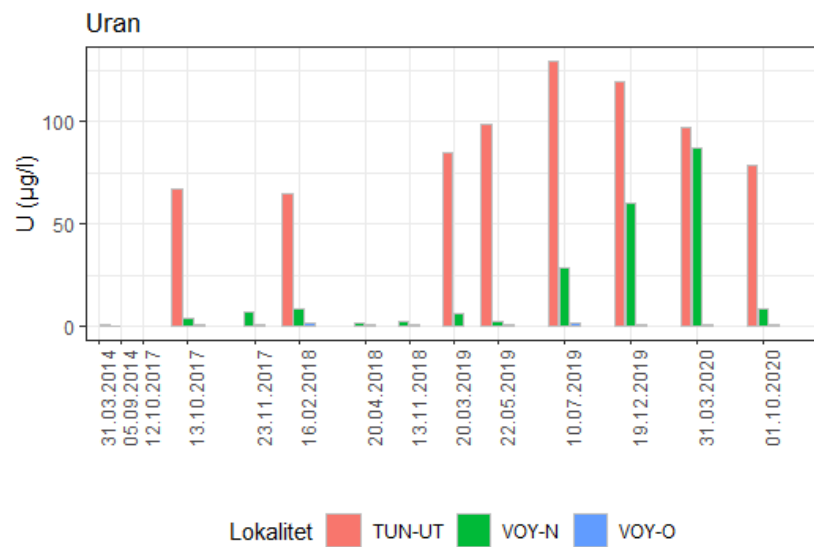
	År	n	NH <sub>4</sub> -N µg/l	NO <sub>3</sub> -N µg/l	Cl mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	pH	SS mg/l	Kond. mS/m	Alk. mmol/l
VØY-N	2017	3	3,95	1069	9,13	54,30	7,90	34,7	40,3	2,67
	2018	3	60,00	3600	8,93	37,57	7,95	33,1	31,4	2,20
	2019	4	19,00	6625	21,15	101,68	7,96	28,6	69,7	3,53
	2020	3	36	4467	17,9	213	24,1	14	77,7	4,2
VØY-O	2017	3	8,51	1169	14,67	22,73	8,10	43,3	33,0	2,37
	2018	3	63,67	3533	6,51	24,70	8,00	10,5	28,9	1,83
	2019	3	13,77	8100	9,41	33,63	8,19	7,8	39,5	2,53
	2020	3	10	5200	7,3	23	24,7	6	36,1	2,8
TUN-UT	2017	1	65,0	2500	22,0	420,0	7,6	3,7	129,0	5,5
	2018	1	170,0	440	68,0	443,0	8,0		160,0	7,2
	2019	4	55,8	3075	73,7	633,0	7,7	8,7	177,8	7,1
	2020	3	175	1883	33,9	650	23,4	36	162,3	7,1

Tabell 15. Gjennomsnittskonsentrasjoner av As, Cd, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb, Zn og U i Vøyenbekken (µg/l), oppstrøms og nedstrøms masselageret i perioden 2017-2020. Verdiene er fargekodet etter veileder M-608. Grenseverdiene er gjengitt i tabell 4.

Stasjon	År	n	As	Cd	Cu	Cr	Mn	Ni	Pb	Zn	U
VØY-N	2017	3	0,21	0,01	1,12	0,10	1,01	3,83	0,00	1,10	5,65
	2018	3	0,19	0,01	0,68	0,11	4,10	2,03	0,00	1,11	4,23
	2019	4	0,18	0,04	0,86	0,09	16,48	11,50	0,00	6,07	24,48
	2020	3	0,17	0,04	0,59	0,08	19,33	11,73	<0,01	15,23	39,30
VØY-O	2017	3	0,20	<0,004	1,11	0,13	0,70	1,28	0,01	0,54	0,92
	2018	3	0,19	0,01	0,71	0,14	2,39	0,93	0,02	0,30	1,04
	2019	3	0,16	0,01	0,75	0,11	1,13	0,93	0,00	0,35	1,12
	2020	3	0,16	<0,004	0,62	0,08	0,50	0,85	<0,01	0,35	1,13
TUN-UT	2017	1	0,16	0,10	1,10	<0,05	34,00	72,0	0,00	26,00	67,00
	2018	1	0,13	0,07	0,83	<0,05	94,00	110,0	0,02	26,00	65,00
	2019	4	0,13	0,15	0,68	0,06	71,50	61,75	0,00	31,30	108,5
	2020	3	0,16	0,13	0,46	<0,05	176,33	54,67	<0,01	104,33	105,33

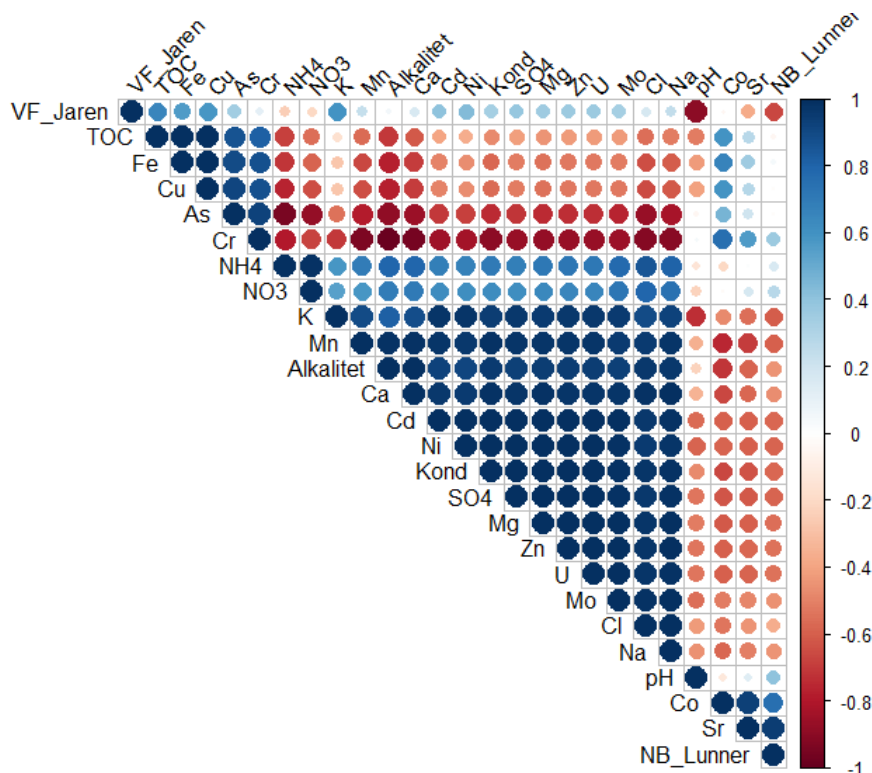


Figur 29. Uran, sulfat og nikkel i Vøyenbekken og TUN-UT i perioden 2017-2020.



Figur 30. Uran, nikkel, sulfat og zink i Vøyenbekken og TUN-UT i perioden 2014-2020.





Figur 31. Korrelasjonsplot for vannprøveanalyser i Vøyenbekken nedstrøms. Rødt viser negativ korrelasjon, blå viser positiv korrelasjon. Jo større sirkel, jo høyere er korrelasjonen.

### 3.3.2 Vigga

Det kan se ut til å være en påvirkning fra masselageret og utpumping av innlekkasjevann fra tunnelen i Vigga med høyere konsentrasjoner av både sulfat og uran ved stasjonen nedstrøms i Vigga. Konsentrasjonene av sulfat har variert mellom 29 og 108 mg/l nedstrøms (VIG-N) og mellom 20 og 88 mg/l oppstrøms (VIG-O) i perioden 2017–2020 (tabell 16, figur 32). Konsentrasjonene av uran har generelt vært lave i samme periode: 1,1-4,9 µg/l nedstrøms og 0,7-2,4 µg/l oppstrøms.

Generelt har det vært lave konsentrasjoner av metaller i vannprøvene tatt både opp- og nedstrøms i Vigga (tabell 17). Alle metallene falt innenfor tilstandsklasse I (bakgrunn) eller II (god). Konsentrasjonene av nikkell har vært noe høyere nedstrøms. For de andre metallene var det ikke mulig å påvise forskjeller i konsentrasjonene oppstrøms og nedstrøms i Vigga.

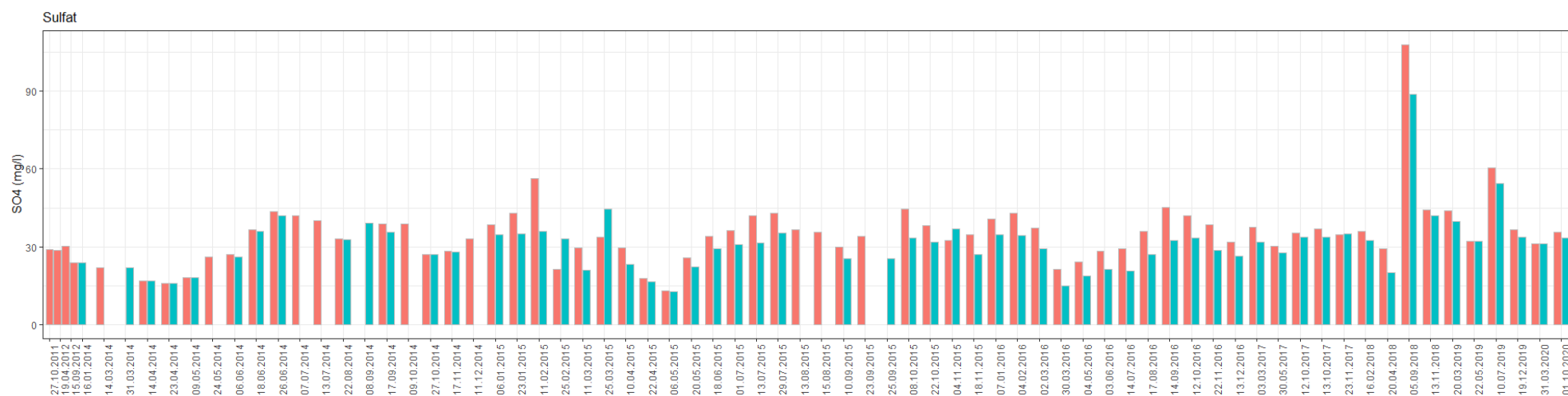
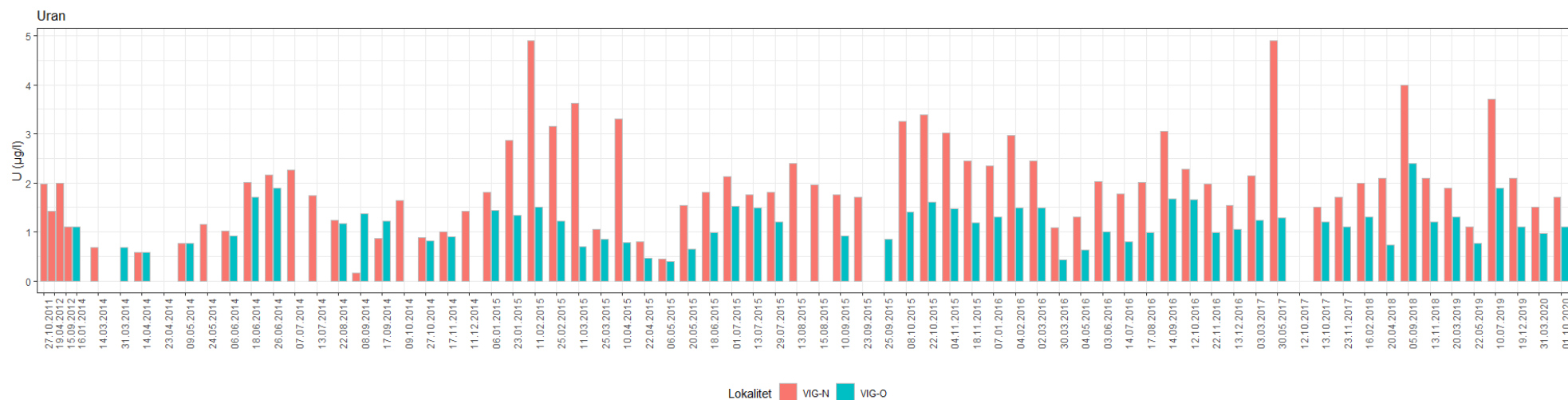
Figur 35 viser korrelasjonsdiagrammet for Vigga nedstrøms stasjon. Også her er det positiv sammenheng mellom uran og mangan, kadmium (i mindre grad), molybden, sulfat, basekationene, alkalitet og konduktivitet. Det var ingen korrelasjon mellom uran og pH.

Tabell 16. Gjennomsnittskonsentrasjoner av ammonium, nitrat, klorid, sulfat, pH, suspendert stoff, ledningsevne og alkalinitet i Vigga, oppstrøms og nedstrøms masselageret i perioden 2014-2020.

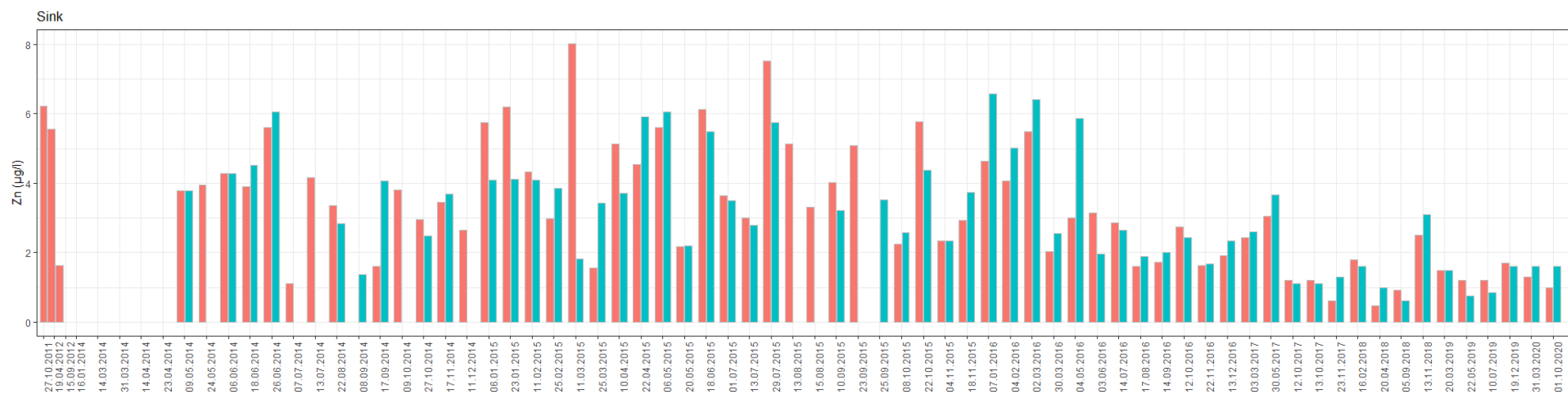
Stasjon	År	n	NH <sub>4</sub> -N µg/l	NO <sub>3</sub> -N µg/l	Cl mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	pH	SS mg/l	Ledn. mS/m	Alk. mmol/l
VIG-N	2014	14	118	2466	11	30	8,02	7	32	2,23
	2015	21	216	2693	12	34	7,98	12	37	2,76
	2016	12	161	2398	10	34	7,93	10	35	2,56
	2017	5	89	2922	13	35	7,96	22	35	2,46
	2018	4	149	3425	16	54	7,88	26	39	2,28
	2019	4	92	4775	14	43	7,99	31	41	2,60
	2020									
VIG-O	2014	14	113	2360	11	28	8,04	7	34	2,36
	2015	21	187	2433	11	29	7,98	9	35	2,60
	2016	12	202	1897	13	35	7,78	5	39	2,76
	2017	5	101	2562	12	32	7,95	11	35	2,45
	2018	4	142	3575	16	46	7,92	16	35	2,28
	2019	4	131	4525	15	40	8,07	27	40	2,55
	2020									

Tabell 17. Gjennomsnittskonsentrasjoner av As, Cd, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb, Zn og U i Vigga (µg/l), oppstrøms og nedstrøms masselageret i perioden 2014-2020. Verdiene er fargekodet etter veileder M-608. Grenseverdiene er gjengitt i tabell 4.

Stasjon	År	n	As µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Cr µg/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l	U µg/l
VIG-N	2014	14		0,017	0,67	0,15		1,81	0,73	3,43	1,22
	2015	21	0,23	0,014	0,72	0,11	8,46	2,18	0,03	4,43	2,31
	2016	12	0,22	0,011	0,56	0,12	5,98	2,25	0,02	2,79	0,23
	2017	5	0,22	0,008	0,74	0,10	2,87	2,43	0,01	1,70	2,56
	2018	4	0,22	0,010	0,68	0,14	7,10	2,28	0,02	1,43	2,55
	2019	4	0,20	0,011	0,75	0,09	6,75	2,23	0,03	1,40	2,20
	2020	2	0,20	0,01	0,52	0,09	2,62	1,85	<0,01	1,15	1,60
VIG-O	2014	14		0,013	0,65	0,12		1,75	0,02	3,68	1,09
	2015	21	0,29	0,011	0,68	0,11	5,26	1,93	0,02	3,83	1,10
	2016	12	0,18	0,010	0,52	0,06	12,55	1,84	0,02	5,80	0,07
	2017	5	0,22	0,009	0,62	0,09	5,84	1,83	0,01	1,95	1,21
	2018	4	0,22	0,009	0,67	0,16	3,60	1,83	0,01	1,58	1,41
	2019	4	0,19	0,011	0,64	0,10	5,57	1,98	0,01	1,18	1,27
	2020	2	0,21	0,009	0,53	0,09	1,60	1,90	0,01	1,60	1,04



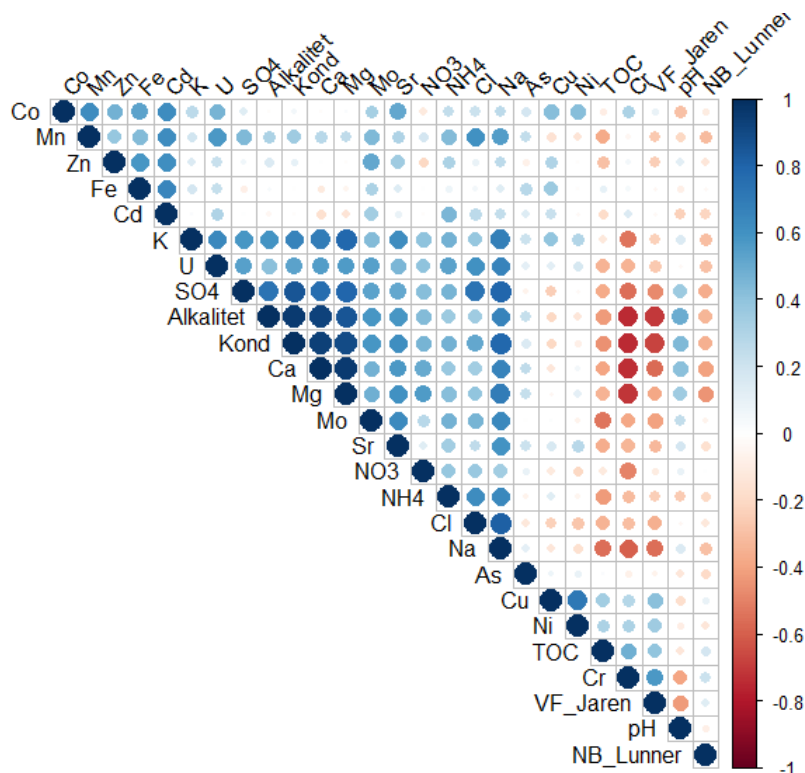
Figur 32. Uran (øverst) og sulfat (nederst) i Vigga i perioden 2014-2020.



Figur 33. Nikkel (øverst) og sink (nederst) i Vigga i perioden 2014-2020.



Figur 34. Uran, sulfat og nikkel oppstrøms og nedstrøms i Vigga i perioden 2011-2020. Punkter viser maksimum og minimum utliggere.



Figur 35. Korrelasjonsplott for vannprøveanalyser i Vigga nedstrøms stasjon for hele overvåkingsperioden 2011-2020. Rødt viser negativ korrelasjon, blå viser positiv korrelasjon. Jo større sirkel, jo høyere er korrelasjonen.

### 3.3.3 Nortangenbekken

I Nortangenbekken var konsentrasjonene av sulfat generelt noe høyere ved lokaliteten nedstrøms enn oppstrøms veien (tabell 18, figur 37). Konsentrasjonene av uran var svært mye høyere nedstrøms enn oppstrøms veien gjennom anleggsperioden i 2014 og 2015 (tabell 19, figur 37). Fra 2016 var forskjellene mindre. Konsentrasjonene for nikkell, sink, mangan og sulfat følger samme trend som med uran. Det var høye gjennomsnittskonsentrasjoner ved nedstrøms lokalitet for arsen og nikkell i 2014 og 2015, tilsvarende tilstandsklasse III i veileder 02:2018. I 2014 ble det påvist en høy gjennomsnittskonsentrasjon for bly ved nedstrøms lokalitet, tilsvarende tilstandsklasse III (tabell 19). Gjennomsnittskonsentrasjonene for nikkell falt innenfor tilstandsklasse III i 2014, 2015, 2018 og 2019 ved nedstrøms lokalitet. Gjennomsnittskonsentrasjonen for nikkell falt innenfor tilstandsklasse III i 2016 for oppstrøms lokalitet. Nedstrøms veien kommer det inn en mindre sidebekk fra vegfyllingen som har hatt utfelling gjennom prøvetakingsperioden (figur 36).



Figur 36. Jernutfelling i et sideløp til Nortangenbekken nedstrøms Rv.4 (NOR-N). Dato: 28.04.20.

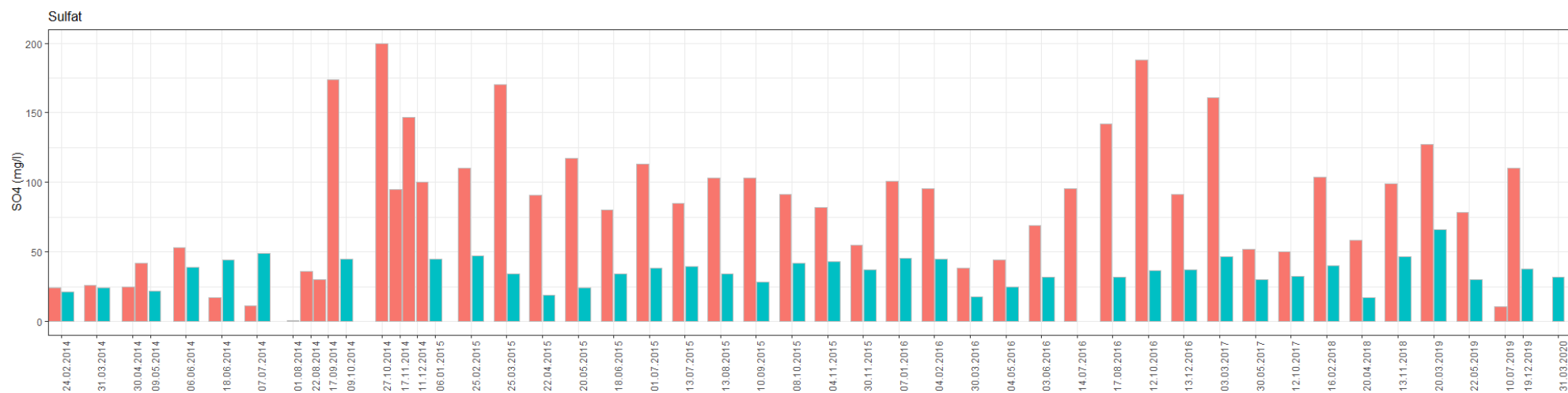
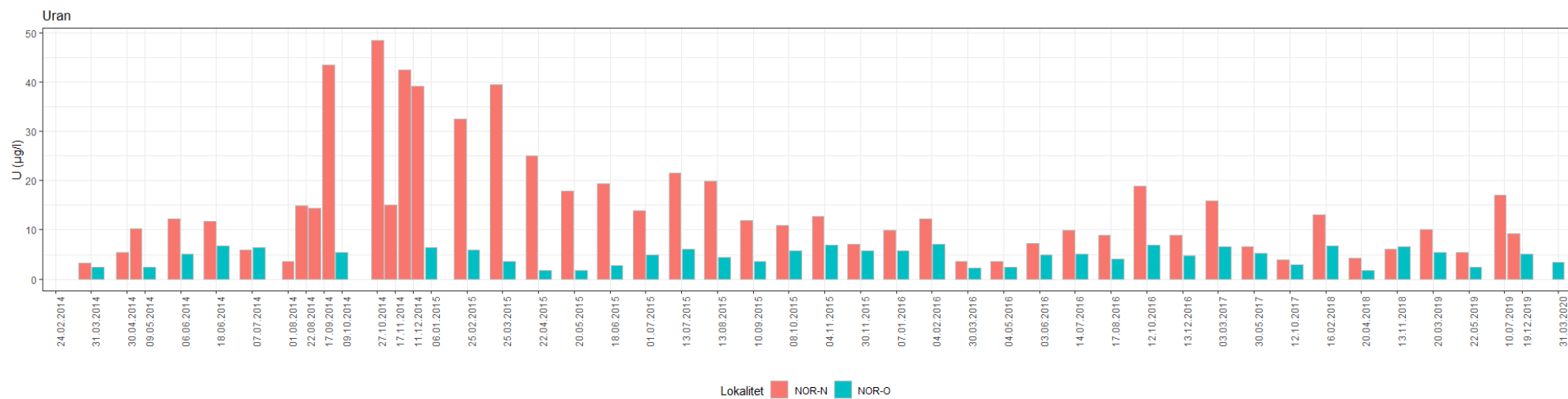
Tabell 18. Gjennomsnittskonsentrasjoner av ammonium, nitrat, klorid, sulfat, pH, suspendert stoff, ledningsevne og alkalinitet i Nortangenbekken, oppstrøms og nedstrøms nye Rv 4 i perioden 2014-2020.

Stasjon	År	n	NH <sub>4</sub> -N µg/l	NO <sub>3</sub> -N µg/l	Cl mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	pH	SS mg/l	Ledn. mS/m	Alk. mmol/l
NOR-N	2014	13	248	4218	12,0	62,9	7,4	128,8	64,4	5,7
	2015	13	230	3622	12,6	100	7,8	22,7	65,6	4,8
	2016	9	64	2004	10,7	96	8,1	36,9	57,7	4,0
	2017	3	44	2285	18,4	50,7	8,2	24,5	53,6	3,6
	2018	3	36	3500	10,4	87,0	8,1	33,4	47,6	3,0
	2019	4	27	5475	20,3	81,5	8,1	6,3	66,2	3,7
	2020	1	29	4600	8,11	72,4	8,3	0	44,6	3,3
NOR-O	2014	7	45	2793	9,1	34,8	8,1	24,9	40,4	3,2
	2015	13	<10	3902	9,2	35,8	8,2	11,9	44,4	3,7
	2016	9	25	2765	9,1	33,7	8,1	40	42,3	3,4
	2017	3	18	2895	10,6	31,6	8,2	17,0	41,9	3,2
	2018	3	21	3867	9,3	34,6	8,1	42,7	34,9	2,6
	2019	4	8	6400	11,2	44,5	8,2	5,4	44,0	2,9
	2020	1	<10	4600	7,6	31,8	8,4	0	35,5	2,8

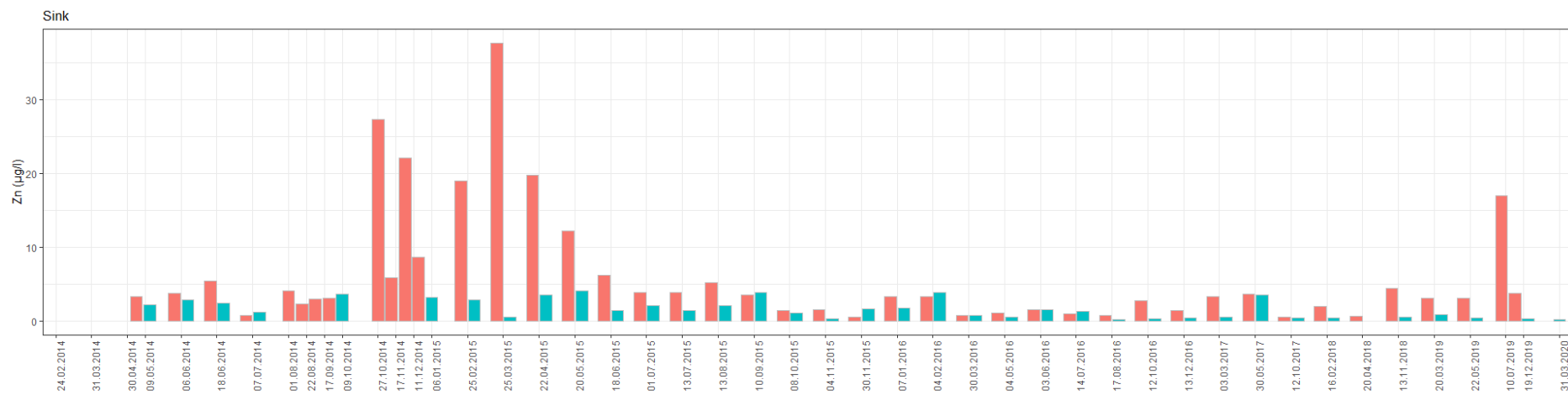
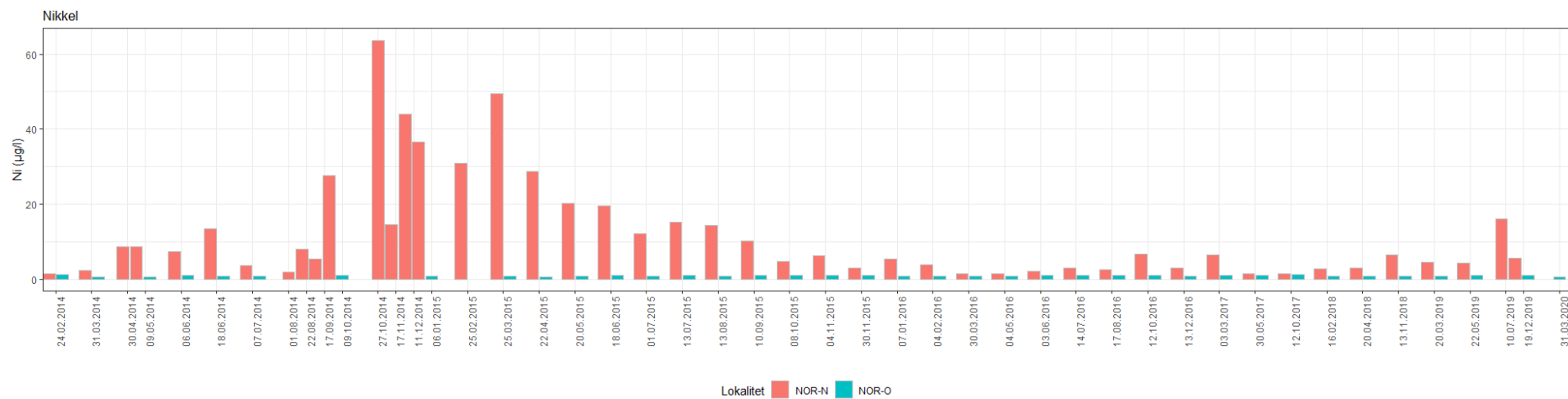
Tabell 19. Gjennomsnittskonsentrasjoner av As, Cd, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb, Zn og U i Nortangenbekken ( $\mu\text{g/l}$ ), oppstrøms og nedstrøms nye Rv 4 i perioden 2017-2020. Verdiene er fargekodet etter veileder M-608. Grenseverdiene er gjengitt i tabell 4.

	n	As	Cd	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	U	
NOR-N	2014	14	0,81	0,08	1,85	0,22	182,2	3881	15,02	1,74	7,37	17,77
	2015	13	0,66	0,07	0,59	0,04	23,0	2534	19,30	0,02	9,51	20,84
	2016	9	0,38	0,03	0,77	0,05	29,5	684	3,28	0,02	1,79	9,5
	2017	3	0,33	0,02	1,06	0,05	9,0	403	2,71		2,06	8,8
	2018	3	0,31	0,04	1,01	0,07	17,8	205	4,03	0,03	2,36	7,8
	2019	4	0,23	0,08	1,04	0,06	7,8	359	7,60		6,75	10,4
	2020	1	0,17	0,02	0,58	0,00	21,0	390	2,30	0,00	1,30	5,10
NOR-O	2014	7	0,28	0,01	1,04	1,55	23,8	1,05	0,87	0,01	2,48	4,8
	2015	13	0,23	0,01	0,87	0,05	19,8	2,56	0,91	0,01	2,18	4,6
	2016	9	0,30	0,01	0,84	0,05	19,7	2,73	0,91	0,006	1,2	4,8
	2017	3	0,34	0,01	1,06	0,05	6,8	2,72	1,09		1,24	4,9
	2018	3	0,29	0,01	0,90	0,07	13,3	2,57	0,84		0,50	5,0
	2019	4	0,22	0,01	0,95	0,05	5,6	1,92	0,98		0,56	4,3
	2020	1	0,18	0,01	0,58	0,00	3,0	0,59	0,62	0,00	0,22	3,4





Figur 37. Uran og sulfat i Nortangenbekken gjennom anleggsperioden 2014-2016 og etter ferdigstilling av veien 2017-2020.



Figur 38. Nikkel og sink i Nortangenbekken gjennom anleggsperioden 2014-2016 og etter ferdigstilling av veien 2017-2020.

### 3.3.4 Horgenbekken

Horgenbekken er den mest forurensede bekken innenfor prosjektområdet. Det er forhøyet konsentrasjon av kadmium, sink, nikkel og uran både opp- og nedstrøms i bekken som gjenspeiler at vannkvaliteten i hele bekken er påvirket av en geologi med mye svartskifer (tabellene 20-21, figur 40-41). Dette samsvarer med analyser fra bekken tatt før vegutbyggingen startet (Fjermestad m.fl. 2018). For uran er konsentrasjonene høyere nedstrøms enn oppstrøms (figur 40). Det samme gjelder konsentrasjonene for nikkel og sulfat (figurene 40 og 41). For sink er konsentrasjonene høyere oppstrøms enn nedstrøms.

Bekken er i tillegg påvirket av kloakk og det har blitt rapportert om tydelig kloakkluft i bekken ved feltarbeid i området.

Vannføringen i bekken er generelt svært lav. Ved flere tilfeller har det ikke vært mulig å ta ut prøve fra stasjonen oppstrøms på grunn av for lite vann.

**Tabell 20. Gjennomsnittskonsentrasjoner av ammonium, nitrat, klorid, sulfat, pH, suspendert stoff, ledningsevne og alkalinitet i Horgenbekken, oppstrøms og nedstrøms masselageret i perioden 2017-2020.**

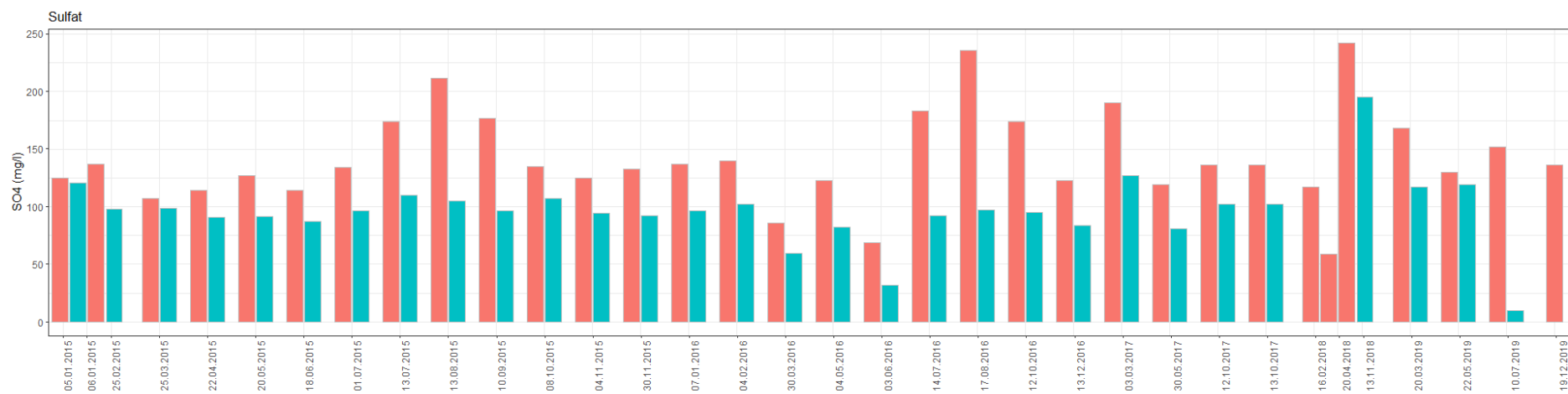
	År	n	NH4	NO3	Cl	SO4	pH	SS	Kond.	Alk.
	2014	12	170	4438	25,46	124,18	8,09	50,0	70,99	4,23
	2015	13	50	4079	19,13	139,54	8,07	83,2	75,57	4,51
	2016	9	50	4026	18,23	141,24	8,04	12	70,66	4,27
<b>HORG-N</b>	<b>2017</b>	4	15	4150	19,10	145,25	7,96	16,6	74,35	4,26
	<b>2018</b>	3	111	5766	19,67	139,27	7,90	16,7	63,73	3,80
	<b>2019</b>	4	49	12250	23,48	146,50	8,04	5,7	78,53	3,95
	<b>2020</b>	0								
	2014	3	60	7440	18,87	99,83	7,17	3,6	66,93	4,32
	2015	13	80	4413	17,11	99,19	7,33	3,7	69,07	4,62
	2016	9	90	4272	15,20	82,23	7,44	10,9	62,68	4,29
<b>HORG-O</b>	<b>2017</b>	4	19	4130	18,40	103,00	7,17	12,1	67,23	4,28
	<b>2018</b>	1	94	6000	18,00	195,00	7,10	5,4	78,20	3,70
	<b>2019</b>	3	67	12466	17,07	82,00	7,26	10,5	71,50	3,97
	<b>2020</b>	1	74	12000	19,2	115	7,6	0	69,3	4,2

Tabell 21. Gjennomsnittskonsentrasjoner av As, Cd, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb, Zn og U i Horgenbekken ( $\mu\text{g/l}$ ), oppstrøms og nedstrøms masselageret i perioden 2017-2020. Verdiene er fargekodet etter veileder M-608. Grenseverdiene er gjengitt i tabell 4.

Stasjon	År	n	As	Cd	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	U
HORG-N	2014	12	0,61	0,29	0,86	0,04	0,0	80,08	39,98	0,07	14,93	135,12
	2015	13	0,15	0,18	0,52	0,03	0,0	92,66	51,33	0,01	16,99	97,48
	2016	9	0,33	0,17	0,62	0,04	0,1	135,09	50,62	0,02	18,41	93,03
	2017	4	0,37	0,13	0,89	0,05	16,0	130,00	56,35		16,53	89,20
	2018	3	0,40	0,13	0,85	0,08	102,4	69,93	32,00	0,02	17,20	72,67
	2019	4	0,27	0,33	1,07	0,06	22,8	93,50	43,75		20,50	84,75
	2020	0										
HORG-O	2014	3	0,59	0,73	0,47	0,03	0,3	151,47	36,73	0,03	43,80	59,77
	2015	13	0,20	0,21	0,46	0,03	0,0	127,77	39,12	0,01	31,84	54,55
	2016	9	0,40	0,18	0,55	0,04	0,1	125,28	27,96	0,02	23,94	51,55
	2017	4	0,39	0,16	0,88	0,05	40,2	138,25	35,75	0,02	22,25	61,60
	2018	1	0,38	0,29	0,67	0,06	230,0	130,00	31,00		38,00	75,00
	2019	3	0,32	0,37	0,87		121,6	102,67	31,67	0,02	29,00	60,33
	2020	1	0,25	0,29	0,44	0,00	18,0	85,00	25,00	0,00	17,00	60,00



Figur 39. Jernutfelling i Horgenbekken, nedstrøms Rv.4 ved utløpet til Jarenvannet. Dato: 22.05.19



Figur 40. Uran og sulfat i Horgenbekken gjennom anleggspå perioden 2015-2016 og etter ferdigstilling av veien 2017-2020.



Figur 41. Nikkel og sink i Horgenbekken gjennom anleggsperioden 2015-2016 og etter ferdigstilling av veien 2017-2020.

### 3.4 Radionuklider

Prøver av polonium (Po-210) og radium (Ra-226) ble tatt 30.09.20 (tabell 22). Po-210 ble kun påvist i B01 og O221, en brønn utenfor Granstunnelen rett på andre siden av Rv4 for masselageret. Radium ble påvist i alle brønnene med unntak av B06 og B03, men i lave konsentrasjoner. Resipientene er tilsynelatende uberørte. Måleusikkerheten i B01 og B02 er svært høy og skyldes at prøvene måtte filtreres før analysene av radium. Aktivitetskonsentrasjonene målt av uran (<sup>238</sup>U, <sup>235</sup>U og <sup>234</sup>U) i resipienter utgjør ikke en strålingsrisiko for lokal biota, se vedlegg VI.

Tabell 22. Polonium og radium i grunnvannsbrønner og resipienter 30.09.20.

Stasjon	Po-210 (Bq/l)	Måleusikkerhet	Ra-226 (Bq/l)	Måleusikkerhet
B1	<0,05		0,04	± 0.02
B2	<0,05		0,07	± 0.02
B3	<0,05		0,05	± 0.02
B01	0,05	± 0.03	0,05	± 243.00
B02	<0,05		0,12	± 127.00
B03	<0,05		<0,03	
B04	<0,05		0,03	± 0.02
B05	<0,05		0,04	± 0.02
B06	<0,08		<0,03	
B13	<0,05		0,04	
VØY-O	<0,05		<0,03	
VØY-N	<0,05		<0,03	
VIG-O	<0,05		<0,03	
VIG-N	<0,05		<0,03	
TUN-UT	<0,05		<0,03	
MYR-VØY	<0,05		<0,03	
O-221	0,13	± 0.04	<0,03	

### 3.5 Vannprøver fra tunnel og drencsystemet

I oktober og november 2020 ble det tatt prøver fra flere kummer i drencsystemet rundt Granstunnelen for å avdekke andre kilder til bla. uran (tabell 23). Ved de fleste prøvepunktene var det høye konsentrasjoner av uran med unntak av SF261 og SF232 som hadde konsentrasjoner < 10 µg U/l.

O221, O292, O275, O274 og SF234 hadde konsentrasjoner av sulfat > 600 mg/l. Det var høye konsentrasjoner av sink (klasse IV og V) ved alle prøvepunkter med unntak av pumpeumpen 29.09 (II). Det var også høye konsentrasjoner av nikkel innenfor klasse III-V med unntak av SF261 (II).

Ved befaring og prøvetaking ble det oppdaget at skjer noe innlekkasje fra drencsystemet utenfor tunnelen til drencrøret til masselageret. Det planlegges nå tiltak for å utbedre dette. Det er oppdaget at fem av sandfangene nær portalåpning har dykkere. Disse dykkerne har en funksjon slik at vann kommer inn via dykker når vannstanden utenfor er høyere enn innløp. Dykkerne har lavere kotehøyde enn utløpet til drencrør fra kum. Derfor vil overflatevann som renner ned i sandfangene kunne renne ut i grunnen mot masselageret når vannstanden inne i kummene står over dykkerne. Kummene er plassert utenfor masselager, men på lavere nivå enn høyeste målte grunnvannstand.

Plombering av dykker vil redusere risiko for at oksygenrikt vann tilføres grunnvannet med videreføring til masselager.

I fire av disse kummene er tilgjengeligheten slik at dykkere kan fjernes og plomberes, for å hindre vannstrøm ut fra sandfang og mot masselageret.

Avrenning fra veg og sideterreng, som samles opp i grøfter blir fanget opp av sandfang og langsgående drenerør. Det er målt verdier av uran i kummer langs veg som sannsynligvis stammer fra infiltrering av grunnvann til drenerørene. Oppbygging av grøfter er utført etter standard grøfteoppbygging, men med endringer for å tilpasse slik at vann kan samles og videreføres til dreneringsystemet.

Tilbakefyllingsmasser over fundament og omfylling har i ettertid blitt vurdert til å kunne gi en uønsket oppsamling og tilførsel av oksygenrikt vann til grunnen. Derfor vil det bli vurdert å asfaltere toppen av grøften slik at en større andel av vann fra vegbane og sideterreng går direkte til sandfang.



Tabell 23. Analyseresultater fra vannprøver tatt i dreneringssystemet utenfor Granstunnelen og fra pumpeumpen i september og november 2020.

		O221		O292- >OV300	O275- >OV400	SF261	O274	SF234	SF232	Pumpeump	
		10.11	29.09	10.11	10.11	10.11	10.11	10.11	10.11	10.11	10.11
Alkalitet	mmol/l	7,4	8,2	7,5	7,1	0,6	7,5	8,0	8,6	6,3	4,40
Aluminium (Al)	µg/l	2,7	< 1,0	1,8	< 1,0	4,1	4,1	1,5	< 1,0	4,2	8,70
Ammonium (NH4-N)	µg/l	820	110	370	1200	780	1100	420	420	47	5,50
Arsen (As)	µg/l	0,19	0,12	0,040	0,059	0,16	0,092	0,16	0,38	0,57	0,82
Bly (Pb)	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,069	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Jern (Fe)	µg/l	1,1	0,88	0,53	0,81	130	0,85	0,71	2,2	0,74	< 0,30
Kadmium (Cd)	µg/l	0,48	0,074	0,56	0,74	0,011	0,68	0,73	0,0090	0,12	0,04
Kalium (K)	mg/l	15	12	15	15	1,3	15	14	14	13	10
Kalsium (Ca)	mg/l	290	310	290	330	9,3	330	290	220	240	75
Klorid (Cl)	mg/l	24,2	31,1	28,4	26,5	8,81	26,7	23,7	16,0	28,6	36,40
Kobber (Cu)	µg/l	0,84	0,51	0,24	0,45	1,2	0,54	0,67	1,6	0,52	0,40
Konduktivitet	mS/m	158	167	166	179	8,88	176	166	113	154	92
Krom (Cr)	µg/l	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	0,085	< 0,050	< 0,050	< 0,050	0,053	0,08
Magnesium (Mg)	mg/l	49	45	70	61	0,55	62	62	19	56	23
Mangan (Mn)	µg/l	1100	190	320	950	1,5	800	570	1900	6,4	0,41
Molybden (Mo)	µg/l	48	12	48	69	0,71	70	38	2,1	32	44
Natrium (Na)	mg/l	50	55	54	63	7,4	65	49	17	76	110
Nikkel (Ni)	µg/l	46	88	110	64	0,66	61	61	6,7	47	22
Nitrat (NO3-N)	µg/l	2700	180	950	980	<5	800	1800	4300	1300	1500
pH		7,9	7,3	8,1	7,8	7,1	7,3	7,5	8,2	8,0	8,2
Sink (Zn)	µg/l	67	27	110	67	11	63	72	15	20	9,6
Sulfat (SO4)	mg/l	615	637	691	778	0,68	791	716	200	615	224
Suspendert stoff	mg/l	29	31	< 2	2,9	22	170	24	8,9	< 2	< 2
Thorium (Th)	mg/l	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001
Total Fosfor	µg/l	42	0,025	<2	<2	120	95	20	10	3,3	0,01
Total Nitrogen	µg/l	3400		1200	1800	550	2000	2100	8200	1600	
TOC/NPOC	mg/l	9,7	1,5	0,91	5,1	3,7	12	6,9	4,4	6,2	1,1
Uran (U)	µg/l	170	75	240	250	0,049	250	180	6,4	86	37,0
Vanadium (V),	µg/l	0,051	< 0,020	0,035	0,033	0,13	0,17	0,13	0,12	0,67	0,62

## 3.6 Biologi

### 3.6.1 Bunndyr

Alle bunndyrstasjonene hadde nokså lik substratfordeling. Substratet besto hovedsakelig av blokk og større stein med innslag av grus. Vigga hadde større innslag av grus og sand. Det var kun nedstrømsstasjonene i Vøyenbekken (VØY-N) og Nortangenbekken (NOR-N) som hadde noe særlig overhengende vegetasjon. Begroing i bekkene var dominert av mose. Vannføringen i bekkene var stor ved begge prøvetakingstidspunkt.

Den økologiske tilstanden i både Vigga og Vøyenbekken, samt oppstrømsstasjonen i Nortangenbekken (NOR-O) vurderes som «god» på bakgrunn av eutrofieringsindeksen ASPT (tabell 24). Vøyenbekken oppstrøms havner innenfor klasse «svært god» tilstand. Vigga nedstrøms havner i «god tilstand» hovedsakelig pga. funn av ett individ av døgnfluen *Leptophlebia*.

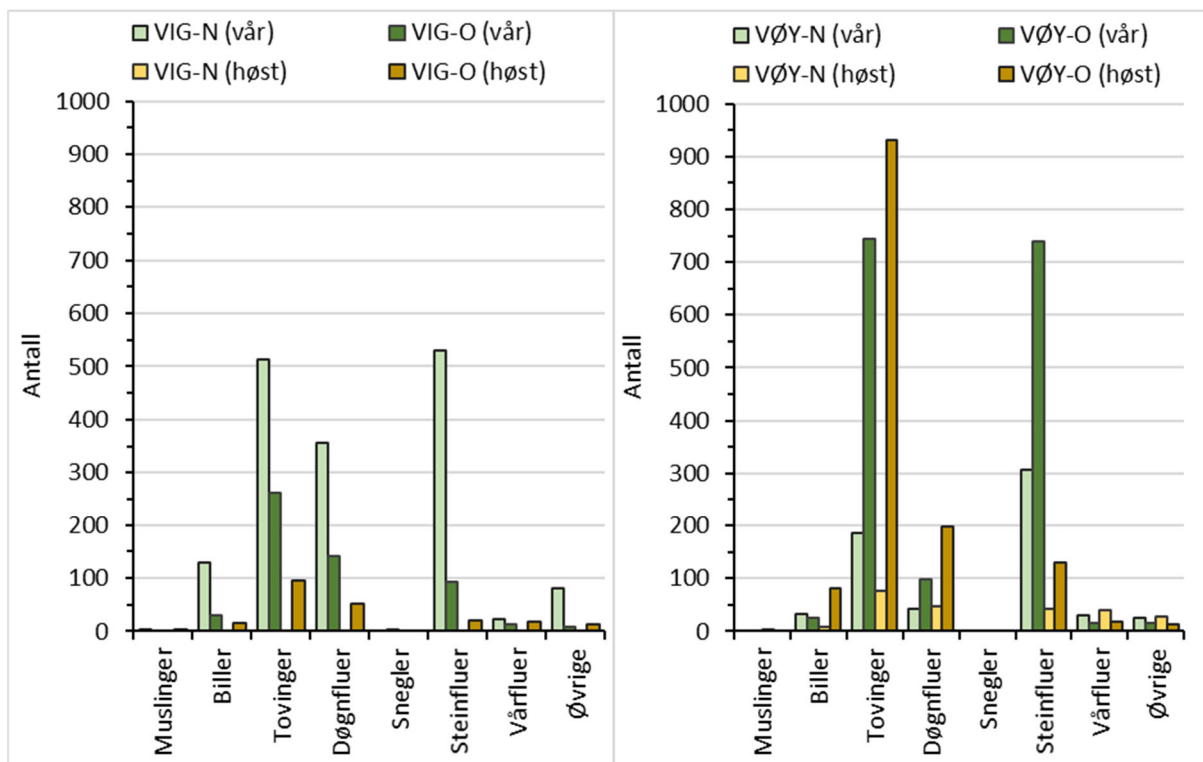
Indeksverdien i Nortangenbekken og Vigga er høyere i 2020 enn i 2015 (Engelstad 2016), så det ser ut til å ha vært en viss forbedring i disse bekkene. ASPT-verdien for Vigga nedstrøms 2020 er beregnet fra kun vårprøven.

Tabell 24. Beregnet ASPT og nEQR for bunndyrprøver tatt i 2020.

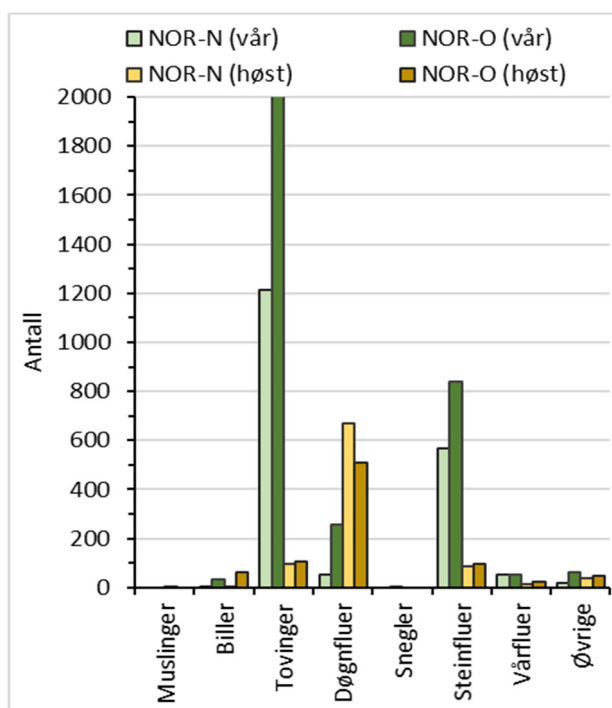
		NOR-N	NOR-O	VIG-N	VIG-O	VØY-N	VØY-O	
ASPT	2020	Vår	5,38	6,00	6,20	5,92	6,64	6,50
		Høst	6,29	6,77		6,14	6,73	6,87
		Samlet	5,83	6,38	6,20	6,03	6,68	6,68
	2015	Vår	4,5		5,3			
		Høst	6		6,9			
		Samlet	5,25		6,1			
nEQR	2020	Vår	0,45	0,60	0,65	0,58	0,75	0,72
		Høst	0,67	0,79		0,63	0,78	0,90
		Samlet tilstand	0,56	0,69	0,65	0,61	0,76	0,81

Det er lite som tyder på at bunndyrene er påvirket av forsuringshendelser. Dette er heller ikke uventet da alle bekkene er kalkrike og har god bufferevne. Alle stasjonene har et høyt antall av ulike *Baetis*-arter som er en gruppe døgnfluer som regnes som forsuringsfølsomme. Det kan se ut til at forekommer noen naturlige forsuringshendelser på våren, ettersom det generelt er flere steinfluer enn døgnfluer tilstede i prøvene (figur 43 og 44).

Figur 46-48 viser bilder fra bunndyrstasjonene. Artslisten er å finne i vedlegg IV.



Figur 42. Antall bunndyr i vår- og høstprøvene i Vigga (venstre) og Vøyenbekken (høyre).



Figur 43. Antall bunndyr i vår- og høstprøvene i Nortangenbekken.



Figur 44. Bunndyrstasjonene VØY-O (venstre) og VØY-N (høyre). Dato: 28.04.20



Figur 46. Vårfluehus i Vøyenbekken (VØY-N). Dato: 28.04.20.



Figur 45. Bunndyrstasjonene VIG-O (høyre) og VIG-N (venstre). Dato: 28.04.20.



Figur 47. Bunndyrstasjonene NOR-O (venstre) og NOR-N (høyre). Dato: 28.04.20.

### 3.6.2 Begroingsalger

Sommeren 2020 ble det tatt prøver av begroingsalger ved to stasjoner i Vigga, Vøyenbekken og Nortangenbekken, oppstrøms og nedstrøms Rv. 4. Mose var dominerende begroing ved alle stasjoner og det var lite synlige makroalger i alle bekkene. Det ble funnet få indikatorarter i prøvene noe som gjør tilstandsvurderingene noe usikre.

Både Vigga og Vøyenbekken er påvirket av næringssalter og viste moderat økologisk tilstand for eutrofieringsparameteren PIT (tabell 25). Det var generelt liten forskjell mellom stasjonene oppstrøms og nedstrøms veien, men VIG-O ligger helt på grensen til dårlig tilstand. Her ble det funnet noen få celler av *Vaucheria* som også kan leve i næringsrik jord langs bekken og kan påvirke prøvene.

I Nortangenbekken var tilstanden god med hensyn på eutrofiering, men moderat og dårlig med hensyn på forsurening. Trolig er det påvirkning fra tungmetaller som har gitt utslag på AIP-indeksen, men da det ble funnet svært få arter er denne indeksen usikker. På NOR-N ble det funnet mye alger, men hovedsakelig kun rødalgen *Audionella* som trives når lysforholdene er dårlige. Stasjonen nedstrøms (NOR-N) har mye tett vegetasjon langs bekken (figur 47 og 48). *Audionella* var også dominerende ved VØY-O. Det var lite forskjell mellom oppstrøms og nedstrøms.

Artliste er å finne i vedlegg V.

Tabell 25. Økologisk tilstand i Nortangenbekken, Vøyenbekken og Vigga basert på kvalitetselementet begroingsalger for vanntype R207.

Elv	Lokalitet	Forsuring (AIP)			Eutrofiering (PIT)		
		AIP	EQR	nEQR	PIT	EQR	nEQR
Nortangenbekken	NOR-O	6,83	0,86	0,46	11,43	0,91	0,74
	NOR-N	6,74	0,81	0,31	11,24	0,92	0,75
Vøyenbekken	VØY-O	7,12	1,01	1,07	24,99	0,66	0,48
	VØY-N	7,16	1,03	1,20	21,12	0,73	0,53
Vigga	VIG-O	7,27	1,09	1,60	30,89	0,55	0,40
	VIG-N	7,21	1,06	1,40	21,10	0,73	0,53



Figur 48. Stasjon for prøvetaking av begroingsalger i Nortangenbekken nedstrøms.

## 4 Oppsummering

Redoksforholdene har vært relativt stabile med reduserende forhold mot bunnen av brønnene B1-B3. Det ser ut til at masselageret også gir stabile og dykkede innlagringsforhold, også under langvarig tørke som i 2018. Det er en svak antydning til at redokspotensialet har blitt redusert over tid. Målinger utført av Geonor og Statens vegvesen i brønnene B1-B3 viser at det ikke har vært lavt nok redoksforhold (-250 til -300) til å unngå noe forvitring av pyritt. Målingene viser også at det foregår en forvittringsprosess, i øvre deler av masselageret (B1), med antydning til økende syreproduksjon over tid.

pH har vært forholdsvis stabil rundt 7 med unntak av brønn B1 som har vist pH ned mot 6,5, og det er foreløpig ingen tegn til at alkaliniteten har blitt redusert. Det er en tydelig sammenheng mellom innhold av løst kalsium og sulfat og sannsynligvis vil bufferevnen bli redusert over tid. Det er derimot usikkert hvor lang tid dette vil ta med de forholdene som er i grunnvannet nå. Forholdene vil trolig endres over tid med endringer i temperatur og nedbør. Mange av prosessene som påvirker tilstanden i grunnvannet, som f.eks. sulfidoksidasjon er i stor grad temperaturavhengig. Forholdet mellom kalsium/alkalinitet og pH/sulfat bør overvåkes over en lengre tidsperiode for å kunne si noe om forbruk av bufferevne og påvirkning av vegsalt og endret klima. For å opprettholde stabile forhold kan det på sikt bli behov for mer detaljerte undersøkelser for å vurdere behovet for tiltak.

I alle brønnene på myra har det vært høye konsentrasjoner av sulfat, men konsentrasjonen har vært lavere i B3. Sulfatet blir mest sannsynlig tilført gjennom utlekking fra alunskiferen og tyder på at det skjer noe oksidasjon av sulfid til sulfat eller utvasking av jarositt. Konsentrasjonene av sulfat ser ut til å være avtagende i alle brønnene, spesielt i B1 og B2. Konsentrasjon av uran har vært høy i både B1 og B2. B1 har også hatt høye konsentrasjoner av nikkell, sink og molybden og viser at masselageret har potensial for å lekke ut tungmetaller ved nøytral pH. Det ser ut til å være en avtagende trend for uran, nikkell og sink i begge brønnene. I B3 har spesielt konsentrasjonen av uran, men også de og øvrige tungmetallene samt sulfat vært lavere enn i B1 og B2.

Tilstanden i brønnene nedstrøms masselageret har vært dårligere enn brønnene på myra. Spesielt B03 og B04 har hatt de høyeste konsentrasjonene av uran og sulfat. B04 mottar antakelig diffus avrenning fra masselageret. Brønnene nedstrøms masselageret har ikke vist samme utviklingstrend for uran og sulfat som B1 og B2. Referansebrønnen B06 hadde også høye konsentrasjoner av sulfat. Det skal jobbes videre med å kartlegge kilder til diffus avrenning og det totale bidraget fra svartskifer.

I resipientene har tilstanden vært varierende mellom bekkene. Det har vært en betydelig utlekking av uran, sulfat og andre tungmetaller gjennom utslippspunktet TUN-UT som renner ut i Vøyenbekken. Det har tidvis vært tydelig høyere konsentrasjoner i Vøyenbekken nedstrøms Rv. 4 og en svak tendens til økning av uran og sulfat sammenlignet med 2017-verdier. Konsentrasjonen av nikkell var spesielt høy i 2019 (n=4) og 2020 (n=2). Også i Vigga er det høyere konsentrasjoner av uran og sulfat nedstrøms Rv4, men betydelig lavere enn i Vøyenbekken på grunn av høy fortykning. Urankonsentrasjonen har vært nokså stabil uten noen tydelig oppadgående trend. Aktivitetskonsentrasjonene målt av uran ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  og  $^{234}\text{U}$ ) i resipienter utgjør ikke en strålingsrisiko for lokal biota. Tilstanden har ellers vært god eller svært god med hensyn på øvrige tungmetaller.

I september 2020 ble prøver fra grunnvannsbrønnene, Vigga og Vøyenbekken analysert for radium ( $^{226}\text{Ra}$ ) og polonium ( $^{210}\text{Po}$ ). Både  $^{210}\text{Po}$  og  $^{226}\text{Ra}$  lå under deteksjonsgrensen i målingene som ble gjort, og strålingsrelaterte effekter er ikke forventet.

I Nortangenbekken har det tidvis også vært høye konsentrasjoner av uran, men den har vært betydelig lavere enn i anleggsfasen. Sulfatverdiene har vært mer varierende uten noen tydelig utviklingstrend. I 2018 og 2019 var det også forhøyede konsentrasjoner av nikkell, innenfor tilstandsklasse III (moderat).

I Horgenbekken har tilstanden vært dårlig gjennom hele overvåkingsperioden med høye konsentrasjoner av nikkel, sink, uran, sulfat, nitrat og ammonium. Det har vært små forskjeller mellom oppstrøms og nedstrøms, men med noe høyere konsentrasjoner nedstrøms.

Bunndyrprøvene viste god økologisk tilstand med hensyn på eutrofiering i Vigga, Vøyenbekken og Nortangenbekken oppstrøms, men moderat tilstand ved NOR-N. Begroingsalgene viste moderat tilstand i Vøyenbekken og Vigga, men god tilstand i Nortangenbekken. Forskjellen i tilstand mellom disse kvalitetselementene viser at det er en næringsbelastning i bekkene, men at det er gode oksygenforhold da økt næringstilførsel ikke nødvendigvis har en direkte effekt bunndyrene på samme måte som algene så lenge oksygenforholdene fremdeles er gode og bekkene ikke blir tilslammet.



## 5 Videre overvåking

Det skal opprettes et overvåkingsprogram for brønner og resipienter tilknyttet masselageret og tunnelen over en periode på 10 år fra 2020. Videre overvåking lyses ut i løpet av 2021 med bakgrunn av overvåkingsresultater fra denne rapporten og eventuelle tilbakemeldinger fra DSA og Miljødirektoratet.

- På grunn av usikkerhet knyttet til forbruk av bufferevne i brønnene bør det opprettes et overvåkingsprogram som er omfattende nok til at det kan bidra til å danne et kunnskapsgrunnlag rundt dette.
- Kontinuerlige målinger av vannstand, temperatur, pH, redoks- og oksygenforhold i B1-B3 anbefales.
- Det bør tas vannprøver som analyseres for minimum pH, kalsium, alkalinitet, sulfat, klorid, uran og andre tungmetaller i brønnene B1-B3, Vigga, Vøyenbekken og TUN-UT minst fire ganger i året for å få frem årstidsvariasjoner.
- For å kunne beregne bedre estimater på totalbelastning fra TUN-UT er det ønskelig med kontinuerlig vannføringsmåling i TUN-UT og Vøyenbekken.
- Undersøkelser av bunndyr og begroingsalger bør gjennomføres årlig i Vigga og Vøyenbekken

# Litteratur

- Børresen, H. S. 2017. Geochemical and mineralogical evaluation of mineral-water reactions and leaching potential in a black shale depot - Weathering and transport of Ni, Zn, Cd, Sr and Co from Alum- and Black shale. Master Thesis in Geosciences Environmental Geology. Department of Geosciences Faculty of Mathematics and Natural Sciences. UiO.
- Direktoratsgruppa. 2018. Veileder 02:2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann - Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver.
- Engelstad, J.G. 2016. Ecological implications of road construction in alum shale bedrock area. Masteroppgave ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.
- Fjermestad, H. Gundersen, E., Hagelia, P., Moen, A.B. og Torp, M. 2018. Rv. 4 på Gran, nyttiggjøring av svartskifer. Statens vegvesen rapporter nr. 333.
- Miljødirektoratet 2020, Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota, revidert, 30.10.2020, M-608, Veileder. 13 sider.  
URL: [www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2016/september-2016/grenseverdier-for-klassifisering-av-vann-sediment-og-biota/](http://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2016/september-2016/grenseverdier-for-klassifisering-av-vann-sediment-og-biota/)
- Skipperud, L., Alvarenga, E., Lind, O.C., Teien, H.C, Tollefsen, K.E., Salbu, B. og Meen Wærsted, F. 2016. Effekter og miljørisiko knyttet til inngrep i områder med sulfidrike mineraler. Statens vegvesens rapport nr. 651.

# Vedlegg

- Vedlegg I – Kart over drens-system utenfor Granstunnelen
- Vedlegg II – Automatiske målinger i grunnvannsbrønner 2017-2020
- Vedlegg III – Målinger grunnvannsbrønner Geonor
- Vedlegg IV - Bunndyr
- Vedlegg V - Begroingsalger
- Vedlegg VI – Vurdering av konsekvenser for ytre miljø
- Vedlegg VII – Tillatelse og vilkår MD og DSA



## Vedlegg II – Feltnmålinger NIBIO

Tabell: Feltnmålinger i grunnvannsbrønnene B2 og B3 på masselageret utført av NIBIO i perioden 2017-2020.

Dato	Vannivå	Temp.	pH	Kond.	Turbiditet	O2-kons.	O2-metning	Redox
<b>23.11.2017</b>	Topp	6,4	7,9	0,9	93,6	10,0	88,9	2,5
	Bunn	7,2	7,4	1,1	61,1	4,6	41,9	-166,6
<b>15.02.2018</b>	Topp	4,8	6,7	0,9	2,2	9,6	82,2	140,8
	Bunn	6,2	7,0	1,1	8,4	0,6	4,9	38,2
<b>04.09.2018</b>	Topp	10,4	7,5	1,0	40,8	5,1	50,4	-240,3
	Bunn	6,4	7,4	1,0	694,1	0,8	7,1	-312,2
<b>19.03.2019</b>	Topp	5,3	7,6	1,0	7,0	8,3	72,0	-19,7
	Bunn	6,6	7,4	1,0	662,0	0,1	1,3	-165,0
<b>01.05.2019</b>	Topp	6,6	7,7	1,0	27,0	9,0	80,2	5,5
	Bunn	6,1	7,3	1,3	125,5	0,2	2,2	-171,5
<b>10.07.2019</b>	Topp	7,6	7,1	1,0	7,6	5,4	49,6	-62,2
	Bunn	5,9	7,2	1,1	669,5	0,1	1,3	-189,0
<b>27.11.2019</b>	Topp	7,0	8,5	0,6	50,5	4,9	44,7	74,0
	Bunn	7,2	8,5	0,7	14,1	1,4	12,5	-14,4
<b>31.03.2020</b>	Topp	4,0	7,4	0,0	5,1	7,72	64,3	63,8
	Bunn	6,2	6,9	1,1	30,2	0,2	2,1	-55,9
<b>26.05.2020</b>	Topp	6,9	7,7	0,9	3,1	6,9	62,5	186,1
	Bunn	5,9	7,5	1,0	193,2	0,9	7,8	67,2
<b>23.10.2020</b>	Topp	8,6	7,5	1,0	2,8	2,2	20,9	46,5
	Bunn	7,3	7,4	1,0	27,1	0,1	1,3	-23,8
<b>23.11.2017</b>	Topp	7,4	7,7	0,6	5,0	7,6	70	195,8
	Bunn	6,7	7,4	0,8	0,4	0,1	1,3	-182,5
<b>15.02.2018</b>	Topp	5,3	7,4	0,6	6,3	7,6	65,9	54,2
	Bunn	6,2	7,2	0,8	244,4	0,1	1,3	-87,0
<b>04.09.2018</b>	Topp	13,2	7,6	0,6	187,3	7,6	79,2	-51,1
	Bunn	6,1	7,5	0,7	241,6	0,1	1,3	-329,4
<b>19.03.2019</b>	Topp	8,5	7,9	0,0	3,9	9,4	88,0	60,3
	Bunn	5,9	7,6	0,7	46,0	0,1	1,3	-219,0
<b>01.05.2019</b>	Topp	7,5	7,8	1,2	30,2	9,0	82,8	109,3
	Bunn	5,8	7,2	1,4	486,0	2,1	88,0	60,3
<b>10.07.2019</b>	Topp	10,8	7,6	0,6	20,2	8,0	79,0	42,3
	Bunn	5,9	7,2	0,8	908,6	0,1	1,2	-210,4
<b>27.11.2019</b>	Topp	7,6	8,5	0,3	9,2	9,1	83,4	164,4
	Bunn	6,8	8,9	0,2	5,1	0,1	1,3	-304,1
<b>31.03.2020</b>	Topp	4,1	6,7	0,7	4,4	9,7	81,0	143,8
	Bunn	5,9	6,4	0,8	34,5	0,1	1,3	-140,3
<b>26.05.2020</b>	Topp	7,3	8,1	0,7	9,2	9,1	82,5	115,2
	Bunn	6,0	7,7	0,8	697,8	0,3	2,6	-64,3
<b>23.10.2020</b>	Topp							
	Bunn							

Tabell. Feltnålinger i grunnvannsbrønnene B01-B06 og B13 på masselageret utført av NIBIO i perioden 2017-2020.

Brønn	Dato	Høyde	Temp.	Kond.	pH	O2 kons	O2 metning	ORP (redox)	Turbiditet	
B01	23.11.2017	Topp	7,7	1,3	7,4	8,8	81,0	211,1	98,2	
		Bunn	8,4	2,3	7,1	4,6	43,7	109,7	2147,8	
	04.09.2018	Topp	11,5	1,6	6,9	4,9	49,0	-73,9	21,6	
		Bunn	7,9	1,4	7,0	0,2	1,9	-189,6	18,8	
	19.03.2019	Topp	8,3	0,0	6,8	13,6	127,0	-35,9	7,7	
		Bunn	7,1	1,8	7,4	0,7	6,4	-27,4	608,1	
	01.05.2019	Topp	8,7	0,0	7,5	5,2	48,8	34,0	473,0	
		Bunn	6,4	1,7	7,2	0,2	2,2	20,5	1636,7	
	10.07.2019	Topp	10,0	0,0	7,0	0,9	8,5	28,6	12,4	
		Bunn	7,6	2,4	6,7	0,2	1,6	6,2	762,9	
	27.11.2019	Topp	7,0	1,6	7,1	8,2	74,5	32,6	36,0	
		Bunn	8,8	1,6	6,9	0,3	2,5	30,4	7,3	
	31.03.2020	Topp	3,1	1,8	6,9	8,1	66,4	40,2	38,0	
		Bunn	6,2	1,4	6,7	1,1	9,5	29,3	283,4	
	B02	23.11.2017	Topp	10,0	3,3	6,9	5,5	53,8	132,7	4,7
			Bunn	9,6	3,4	6,8	2,8	27,7	139,3	2,4
04.09.2018		Topp	10,2	2,9	6,9	4,5	44,7	-3,4	26,5	
		Bunn	8,8	2,9	6,9	2,3	22,2	-40,6	3,9	
19.03.2019		Topp	7,9	3,2	7,2	9,7	90,2	96,5	456,2	
		Bunn	8,2	3,2	7,2	2,2	20,3	88,0	52,0	
01.05.2019		Topp	8,0	2,5	7,3	3,8	35,1	128,8	215,1	
		Bunn	7,6	2,6	7,3	0,5	4,8	71,6	104,2	
10.07.2019		Topp	9,6	3,0	7,0	7,6	74,2	117,4	48,1	
		Bunn	7,9	3,3	6,8	1,1	10,1	127,0	98,6	
27.11.2019		Topp	9,0	2,6	6,9	5,0	48,0	62,8	6,3	
		Bunn	8,6	2,7	6,9	0,9	8,6	90,7	7,7	
31.03.2020		Topp	7,1	2,4	6,8	8,9	80,7	80,6	28,7	
		Bunn	8,1	2,3	6,5	2,7	24,9	102,0	5,6	
B03		23.11.2017	Topp	7,6	1,4	7,5	4,8	44,2	23,1	5,9
			Bunn	7,5	1,5	7,1	0,3	2,8	-90,3	0,4
	04.09.2018	Topp	12,1	0,0	7,0	6,5	66,1	-29,3	3,1	
		Bunn	6,9	2,3	7,0	0,1	1,3	-220,4	1859,5	
	19.03.2019	Topp	7,4	1,3	7,4	3,9	35,3	-153,5	17,0	
		Bunn	6,7	2,9	7,2	0,2	1,4	-191,6	10,5	
	01.05.2019	Topp	5,6	1,3	7,2	9,0	78,5	36,3	140,3	
		Bunn	6,2	1,4	6,9	0,3	2,7	86,9	65,0	
	10.07.2019	Topp	14,7	0,0	7,0	8,9	95,7	42,6	6,2	
		Bunn	6,7	2,5	6,8	0,1	1,3	-197,1	25,1	
	27.11.2019	Topp	7,0	1,3	7,1	4,3	39,0	9,0	1,3	
		Bunn	6,7	2,3	7,0	0,2	1,4	-207,2	29,7	
	31.03.2020	Topp	7,2	1,2	6,7	2,1	18,7	13,1	195,5	
		Bunn	6,7	1,9	6,6	0,1	1,3	-46,8	5,9	
	B04	23.11.2017	Topp	9,2	3,2	7,3	9,8	94,4	97,5	21,0
			Bunn	9,2	3,3	7,0	4,7	45,4	77,2	966,5
04.09.2018		Topp	9,5	1,9	7,3	7,0	67,4	41,9	1162,5	
		Bunn	7,6	1,9	7,4	0,6	5,9	-84,3	487,0	
19.03.2019		Topp	8,3	2,0	7,2	2,8	26,2	87,4	8,4	
		Bunn	8,1	2,1	7,2	0,3	2,6	41,2	56,2	
10.07.2019		Topp	8,6	2,8	6,8	2,5	23,6	65,0	289,7	
		Bunn	7,4	1,7	6,8	0,3	3,2	70,8	1,8	

	27.11.2019	Topp	7,6	2,4	7,2	9,2	84,7	88,0	1,5
		Bunn	8,0	2,4	7,0	1,6	15,3	111,7	14,2
	31.03.2020	Topp	7,7	2,7	6,7	6,3	58,7	11,9	5,3
		Bunn	7,6	2,7	6,7	2,7	24,8	25,3	28,5
<b>B05</b>	19.03.2019	Topp	5,5	0,6	7,4	7,3	63,0	64,2	54,9
	10.07.2019	Topp	7,2	0,6	7,7	8,7	79,4	-34,9	53,3
		Bunn	5,6	0,6	7,4	9,5	82,4	13,8	212,6
	27.11.2019	Topp	6,1	0,6	7,4	10,4	91,6	176,8	32,3
		Bunn	6,9	0,6	7,1	9,5	85,9	189,6	39,8
	31.03.2020	Topp	4,8	0,6	7,1	10,0	85,2	40,0	120,8
	23.10.2020	Topp	7,1	0,6	8,0	10,7	96,8	66,4	2,8
		Bunn	7,0	0,6	7,6	9,9	89,3	77,2	2,7
	19.03.2019	Topp	3,5	0,7	7,2	11,2	92,6	153,0	74,7
		Bunn	4,2	0,8	7,3	10,4	87,5	163,5	35,0
<b>B06</b>	01.05.2019	Topp	6,9	0,6	7,2	9,3	83,8	137,4	14,3
		Bunn	5,2	0,6	7,4	7,1	61,4	136,1	46,9
	10.07.2019	Topp	9,0	0,8	7,6	5,0	47,1	-28,2	457,1
		Bunn	6,1	0,8	7,3	0,9	8,2	5,3	25,7
	27.11.2019	Topp	8,2	1,4	6,9	1,7	15,5	-4,7	432,7
		Bunn	7,9	1,4	7,0	0,7	6,9	20,5	14,2
	31.03.2020	Topp	5,4	1,2	6,8	5,3	46,3	-7,6	28,0
		Bunn	5,7	1,3	6,9	2,7	23,4	0,5	10,7
	23.11.2017	Topp	6,8	1,1	7,3	9,1	81,7	-178,1	311,0
		Bunn	7,1	1,1	7,0	5,6	50,4	-194,2	48,7
<b>B13</b>	10.07.2019	Topp	6,7	1,3	7,0	6,1	54,6	-185,5	20,3
		Bunn	6,4	1,3	7,1	0,1	1,2	-225,3	21,6
	27.11.2019	Topp	5,8	1,1	6,4	7,1	62,4	-165,9	29,5
		Bunn	6,5	1,4	6,9	0,1	1,3	-303,8	4,1
<b>B2</b>	23.11.2017	Topp	6,4	0,9	7,9	10,0	88,9	2,5	93,6
		Bunn	7,2	1,1	7,4	4,6	41,9	-166,6	61,1
	15.02.2018	Topp	4,8	0,9	6,7	9,6	82,2	140,8	2,2
	15.02.2018	Bunn	6,2	1,1	7,0	0,6	4,9	38,2	8,4
	04.09.2018	Topp	10,4	1,0	7,5	5,1	50,4	-240,3	40,8
		Bunn	6,4	1,0	7,4	0,8	7,1	-312,2	694,1
	19.03.2019	Topp	5,3	1,0	7,6	8,3	72,0	-19,7	7,0
		Bunn	6,6	1,0	7,4	0,1	1,3	-165,0	662,0
	01.05.2019	Topp	6,6	1,0	7,7	9,0	80,2	5,5	27,0
		Bunn	6,1	1,3	7,3	0,2	2,2	-171,5	125,5
	10.07.2019	Topp	7,6	1,0	7,1	5,4	49,6	-62,2	7,6
		Bunn	5,9	1,1	7,2	0,1	1,3	-189,0	669,5
	27.11.2019	Topp	7,0	0,6	8,5	4,9	44,7	74,0	50,5
		Bunn	7,2	0,7	8,5	1,4	12,5	-14,4	14,1
	31.03.2020	Topp	4,0	0,0	7,4	7,7	64,3	63,8	5,1
		Bunn	6,3	1,1	6,8	0,2	2,1	-55,9	30,2
26.05.2020	Topp	6,9	0,9	7,7	6,9	62,5	186,1	3,1	
	Bunn	5,9	1,0	7,5	0,9	7,8	67,2	193,2	
23.10.2020	Topp	8,6	1,0	7,5	2,2	20,9	46,4	2,8	
	Bunn	7,3	1,0	7,4	0,1	1,2	-23,7	27,1	
<b>B3</b>	23.11.2017	Topp	7,4	0,6	7,7	7,6	69,5	195,8	5,0
		Bunn	6,7	0,8	7,4	0,1	1,3	-182,5	0,4
	15.02.2018	Topp	5,3	0,6	7,4	7,6	65,9	54,2	6,3
		Bunn	6,2	0,8	7,2	0,1	1,3	-87,0	244,4

04.09.2018	Topp	13,2	0,6	7,6	7,6	79,2	-51,1	187,3
	Bunn	6,1	0,7	7,5	0,1	1,3	-329,4	241,6
19.03.2019	Topp	8,5	0,0	7,9	9,4	88,0	60,3	3,9
	Bunn	5,9	0,7	7,6	0,1	1,3	-219,0	46,0
01.05.2019	Topp	7,5	1,2	7,8	9,0	82,8	109,3	30,2
	Bunn	5,8	1,4	7,2	2,1	18,2	48,2	486,0
10.07.2019	Topp	10,8	0,6	7,6	8,0	79,0	42,3	20,2
	Bunn	5,9	0,8	7,2	0,1	1,2	-210,4	908,6
27.11.2019	Topp	7,6	0,3	8,5	9,1	83,4	164,4	9,2
	Bunn	6,8	0,2	8,9	0,1	1,3	-304,1	5,1
31.03.2020	Topp	4,1	0,7	6,7	9,7	81,0	143,8	4,4
	Bunn	5,9	0,8	6,4	0,1	1,3	-140,3	34,5
26.05.2020	Topp	7,3	0,7	8,1	9,1	82,5	115,2	9,2
	Bunn	6,0	0,8	7,7	0,3	2,6	-64,3	697,8



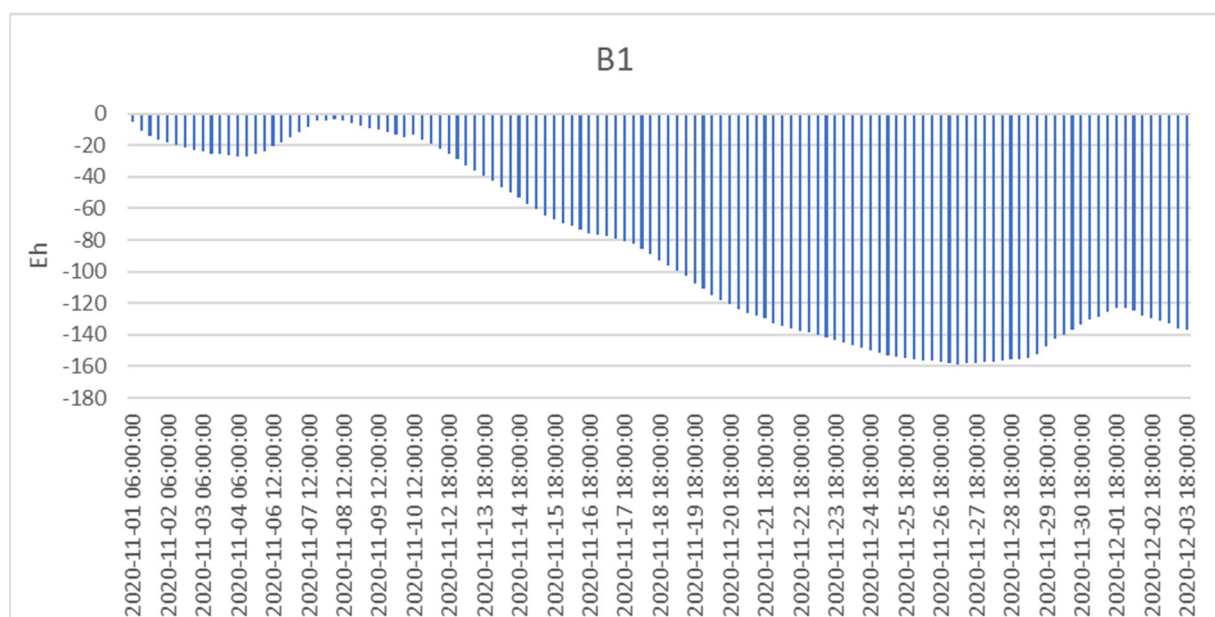
## Vedlegg III – Målinger grunnvannsbrønner Geonor

Tabell. Målinger i grunnvannsbrønnen B1 gjort av Geonor i perioden november og desember 2020.

Time	PH	Eh[mV]	Dybde	Temp [°C]	DO Sat %	DO mg/l
2020-11-01 06:00:00	6,7064	-4,94	2,11	7,77	8,6973	1,0407
2020-11-01 12:00:00	6,6891	-10,66	2,11	7,76	8,3081	0,9943
2020-11-01 18:00:00	6,6755	-13,79	2,10	7,74	7,9589	0,9526
2020-11-02 00:00:00	6,6643	-16,51	2,09	7,75	9,0745	1,0849
2020-11-02 06:00:00	6,6541	-18,31	2,06	7,86	8,3692	0,9968
2020-11-02 12:00:00	6,6451	-20,1	2,08	7,99	8,7761	1,0403
2020-11-02 18:00:00	6,6389	-21,42	2,08	7,95	8,331	0,9865
2020-11-03 00:00:00	6,6337	-22,63	2,09	7,8	6,2016	0,7371
2020-11-03 06:00:00	6,6299	-24,07	2,10	7,74	5,3954	0,6437
2020-11-03 12:00:00	6,6276	-25,21	2,12	7,72	5,3408	0,6387
2020-11-03 18:00:00	6,6262	-25,86	2,11	7,7	4,9638	0,5942
2020-11-04 00:00:00	6,6256	-26,41	2,11	7,68	4,4201	0,5294
2020-11-04 06:00:00	6,6252	-27,19	2,11	7,67	4,1535	0,4977
2020-11-04 12:00:00	6,6252	-27,46	2,12	7,65	3,6111	0,4334
2020-11-06 00:00:00	6,6304	-25,54	2,14	7,59	2,6845	0,3228
2020-11-06 06:00:00	6,6319	-23,55	2,14	7,58	2,5692	0,309
2020-11-06 12:00:00	6,6339	-20,9	2,15	7,57	2,2872	0,2752
2020-11-06 18:00:00	6,6361	-18,19	2,15	7,57	1,8974	0,2285
2020-11-07 00:00:00	6,6385	-15,03	2,15	7,56	1,7797	0,2143
2020-11-07 06:00:00	6,6409	-11,74	2,14	7,55	1,589	0,1915
2020-11-07 12:00:00	6,6435	-8,09	2,14	7,54	1,4254	0,1718
2020-11-07 18:00:00	6,6466	-4,17	2,15	7,54	1,4173	0,1709
2020-11-08 00:00:00	6,6483	-4,47	2,16	7,53	1,4284	0,1722
2020-11-08 06:00:00	6,65	-3,73	2,17	7,53	1,2197	0,147
2020-11-08 12:00:00	6,6509	-4,08	2,17	7,53	1,1166	0,1346
2020-11-08 18:00:00	6,651	-5,77	2,18	7,53	0,9474	0,1142
2020-11-09 00:00:00	6,6511	-7,35	2,18	7,52	0,8608	0,1038
2020-11-09 06:00:00	6,6511	-8,96	2,18	7,52	0,7182	0,0866
2020-11-09 12:00:00	6,6516	-10,04	2,19	7,51	0,4856	0,0585
2020-11-09 18:00:00	6,6519	-11,56	2,19	7,51	0,4827	0,0582
2020-11-10 00:00:00	6,6524	-13,27	2,19	7,51	0,3573	0,0431
2020-11-10 06:00:00	6,6529	-15	2,20	7,5	0,2129	0,0256
2020-11-10 12:00:00	6,6548	-12,87	2,20	7,5	0,0907	0,0109
2020-11-12 00:00:00	6,6582	-16,17	2,21	7,46	0	0
2020-11-12 06:00:00	6,6569	-18,86	2,20	7,46	0	0
2020-11-12 12:00:00	6,6549	-22,05	2,21	7,45	0	0
2020-11-12 18:00:00	6,6528	-25,1	2,21	7,45	0	0
2020-11-13 00:00:00	6,6503	-28,56	2,22	7,44	0	0
2020-11-13 06:00:00	6,6467	-32,55	2,22	7,44	0	0
2020-11-13 12:00:00	6,643	-36,18	2,22	7,44	0	0
2020-11-13 18:00:00	6,6397	-39,21	2,21	7,43	0	0
2020-11-14 00:00:00	6,6355	-42,94	2,22	7,43	0	0
2020-11-14 06:00:00	6,6315	-46,22	2,22	7,42	0	0
2020-11-14 12:00:00	6,6271	-49,87	2,23	7,42	0	0
2020-11-14 18:00:00	6,6227	-53,42	2,23	7,42	0	0
2020-11-15 00:00:00	6,6184	-56,81	2,23	7,42	0	0
2020-11-15 06:00:00	6,6133	-60,72	2,23	7,42	0	0
2020-11-15 12:00:00	6,6087	-64,14	2,22	7,42	0	0

2020-11-15 18:00:00	6,6052	-66,65	2,23	7,42	0	0
2020-11-16 00:00:00	6,6019	-69,25	2,22	7,43	0	0
2020-11-16 06:00:00	6,5998	-71,37	2,17	7,59	0	0
2020-11-16 12:00:00	6,5975	-73,52	2,16	7,73	0	0
2020-11-16 18:00:00	6,595	-75,69	2,16	7,7	0	0
2020-11-17 00:00:00	6,5937	-76,88	2,16	7,65	0	0
2020-11-17 06:00:00	6,5936	-77,31	2,16	7,57	0	0
2020-11-17 12:00:00	6,5918	-79,23	2,16	7,51	0	0
2020-11-17 18:00:00	6,591	-80,43	2,16	7,46	0	0
2020-11-18 00:00:00	6,5894	-82,32	2,17	7,45	0	0
2020-11-18 06:00:00	6,5873	-85,26	2,16	7,44	0	0
2020-11-18 12:00:00	6,5846	-88,54	2,16	7,42	0	0
2020-11-18 18:00:00	6,581	-92,59	2,15	7,42	0	0
2020-11-19 00:00:00	6,578	-95,95	2,14	7,4	0	0
2020-11-19 06:00:00	6,5749	-99,59	2,16	7,4	0	0
2020-11-19 12:00:00	6,5724	-102,72	2,17	7,42	0	0
2020-11-19 18:00:00	6,5684	-107,3	2,18	7,42	0	0
2020-11-20 00:00:00	6,5665	-110,67	2,19	7,42	0	0
2020-11-20 06:00:00	6,5641	-114,61	2,19	7,41	0	0
2020-11-20 12:00:00	6,5629	-117,97	2,20	7,4	0	0
2020-11-20 18:00:00	6,562	-120,72	2,19	7,4	0	0
2020-11-21 00:00:00	6,5612	-123,5	2,18	7,39	0	0
2020-11-21 06:00:00	6,5603	-126,03	2,16	7,38	0	0
2020-11-21 12:00:00	6,5599	-128,11	2,16	7,38	0	0
2020-11-21 18:00:00	6,5601	-129,61	2,17	7,38	0	0
2020-11-22 00:00:00	6,5587	-132,41	2,17	7,38	0	0
2020-11-22 06:00:00	6,5579	-134,39	2,17	7,38	0	0
2020-11-22 12:00:00	6,5569	-136,08	2,18	7,38	0	0
2020-11-22 18:00:00	6,5562	-137,32	2,20	7,38	0	0
2020-11-23 00:00:00	6,5555	-138,77	2,20	7,38	0	0
2020-11-23 06:00:00	6,5549	-140,29	2,20	7,38	0	0
2020-11-23 12:00:00	6,5549	-141,42	2,21	7,38	0	0
2020-11-23 18:00:00	6,5549	-143,08	2,21	7,38	0	0
2020-11-24 00:00:00	6,5548	-145,03	2,22	7,38	0	0
2020-11-24 06:00:00	6,5548	-146,91	2,21	7,38	0	0
2020-11-24 12:00:00	6,5551	-148,46	2,22	7,38	0	0
2020-11-24 18:00:00	6,5557	-149,82	2,22	7,38	0	0
2020-11-25 00:00:00	6,5562	-151,33	2,22	7,38	0	0
2020-11-25 06:00:00	6,5565	-152,83	2,22	7,37	0	0
2020-11-25 12:00:00	6,5567	-154,1	2,22	7,37	0	0
2020-11-25 18:00:00	6,5572	-154,86	2,23	7,37	0	0
2020-11-26 00:00:00	6,5578	-155,62	2,23	7,38	0	0
2020-11-26 06:00:00	6,5585	-156,14	2,23	7,37	0	0
2020-11-26 12:00:00	6,5594	-156,48	2,24	7,38	0	0
2020-11-26 18:00:00	6,5602	-157,17	2,24	7,37	0	0
2020-11-27 00:00:00	6,5611	-157,86	2,25	7,37	0	0
2020-11-27 06:00:00	6,5619	-158,47	2,25	7,37	0	0
2020-11-27 12:00:00	6,5634	-158,26	2,25	7,37	0	0
2020-11-27 18:00:00	6,5651	-157,85	2,26	7,37	0	0
2020-11-28 00:00:00	6,5667	-157,45	2,26	7,37	0	0
2020-11-28 06:00:00	6,5683	-156,88	2,26	7,37	0	0
2020-11-28 12:00:00	6,57	-156,12	2,26	7,37	0	0

2020-11-28 18:00:00	6,5714	-155,57	2,27	7,36	0	0
2020-11-29 00:00:00	6,5723	-155,56	2,27	7,36	0	0
2020-11-29 06:00:00	6,5737	-154,89	2,26	7,36	0	0
2020-11-29 12:00:00	6,577	-151,96	2,26	7,36	0	0
2020-11-29 18:00:00	6,5815	-147,8	2,25	7,36	0	0
2020-11-30 00:00:00	6,5869	-142,74	2,25	7,36	0	0
2020-11-30 06:00:00	6,5901	-139,73	2,24	7,36	0	0
2020-11-30 12:00:00	6,5931	-136,73	2,24	7,36	0	0
2020-11-30 18:00:00	6,5962	-133,75	2,24	7,35	0,0171	0,002
2020-12-01 00:00:00	6,5997	-130,51	2,25	7,36	0,0263	0,0032
2020-12-01 06:00:00	6,6026	-128,36	2,26	7,36	0,0385	0,0046
2020-12-01 12:00:00	6,6064	-125,43	2,27	7,36	0,0306	0,0037
2020-12-01 18:00:00	6,6097	-122,93	2,27	7,36	0,0313	0,0038
2020-12-02 00:00:00	6,6106	-123,1	2,27	7,36	0,0454	0,0055
2020-12-02 06:00:00	6,6103	-124,69	2,27	7,36	0,052	0,0063
2020-12-02 12:00:00	6,6085	-127,85	2,26	7,35	0,0392	0,0047
2020-12-02 18:00:00	6,6084	-129,3	2,26	7,35	0,0756	0,0092
2020-12-03 00:00:00	6,6084	-130,94	2,25	7,34	0,1113	0,0135
2020-12-03 06:00:00	6,6081	-132,99	2,25	7,34	0,144	0,0175
2020-12-03 12:00:00	6,6068	-135,76	2,26	7,34	0,1535	0,0187
2020-12-03 18:00:00	6,6063	-137,14	2,26	7,35	0,1767	0,0215



Figur. Kontinuerlige redoksmålinger i grunnvannsbrønn B1 gjort av Geonor i november-desember 2020.



Figur. Kontinuerlige målinger av pH og redoks i grunnvannsbrønn B1 gjort av Geonor i perioden januar 2016-mars 2018.

Tabell. Målinger i grunnvannsbrønnen B2 gjort av Geonor i perioden november og desember 2020.

Time	BR2 Dybde m	BR2 Temp1	BR2 DO Sat%	BR2 DO mg/l
2020-11-01 00:00:00	2,49	7,6	14,107	1,7163
2020-11-01 06:00:00	2,50	7,59	14,73	1,7924
2020-11-01 12:00:00	2,49	7,59	13,901	1,693
2020-11-01 18:00:00	2,49	7,58	12,416	1,5129
2020-11-02 00:00:00	2,47	7,58	11,47	1,398
2020-11-02 06:00:00	2,44	7,57	9,8245	1,1975
2020-11-02 12:00:00	2,46	7,57	9,8466	1,2006
2020-11-02 18:00:00	2,46	7,56	10,401	1,2687
2020-11-03 00:00:00	2,47	7,56	10,24	1,2492
2020-11-03 06:00:00	2,48	7,55	9,4587	1,1538
2020-11-03 12:00:00	2,49	7,54	8,6689	1,0577
2020-11-03 18:00:00	2,49	7,54	8,2151	1,0025
2020-11-04 00:00:00	2,49	7,53	8,1756	0,9977
2020-11-04 06:00:00	2,49	7,52	7,7455	0,9454
2020-11-04 12:00:00	2,50	7,52	7,0395	0,8594
2020-11-04 18:00:00	2,51	7,51	6,925	0,8456
2020-11-05 00:00:00	2,50	7,51	6,6709	0,8147
2020-11-05 06:00:00	2,50	7,5	6,2991	0,7694
2020-11-05 12:00:00	2,51	7,5	5,9056	0,7218
2020-11-05 18:00:00	2,52	7,5	5,7248	0,6999
2020-11-06 00:00:00	2,52	7,49	5,8108	0,7106
2020-11-06 06:00:00	2,53	7,48	5,6185	0,6871
2020-11-06 12:00:00	2,53	7,47	5,1409	0,6288
2020-11-06 18:00:00	2,53	7,47	4,9765	0,6088
2020-11-07 00:00:00	2,53	7,47	4,7568	0,5819
2020-11-07 06:00:00	2,53	7,47	4,6353	0,5671
2020-11-07 12:00:00	2,53	7,46	4,3299	0,5298
2020-11-07 18:00:00	2,54	7,45	4,2403	0,5189
2020-11-08 00:00:00	2,54	7,45	4,094	0,501
2020-11-08 06:00:00	2,55	7,45	3,8948	0,4767
2020-11-08 12:00:00	2,55	7,44	3,6255	0,4438
2020-11-08 18:00:00	2,56	7,44	2,8126	0,3443
2020-11-09 00:00:00	2,56	7,43	2,1843	0,2674

2020-11-09 06:00:00	2,57	7,43	2,7577	0,3376
2020-11-09 12:00:00	2,57	7,43	2,379	0,2913
2020-11-09 18:00:00	2,57	7,42	2,2352	0,2736
2020-11-10 00:00:00	2,58	7,42	1,9332	0,2367
2020-11-10 06:00:00	2,58	7,42	1,8539	0,227
2020-11-10 12:00:00	2,58	7,42	1,6085	0,1969
2020-11-10 18:00:00	2,58	7,41	1,5136	0,1853
2020-11-11 00:00:00	2,58	7,41	1,4408	0,1764
2020-11-11 06:00:00	2,58	7,4	1,2398	0,1518
2020-11-11 12:00:00	2,58	7,4	1,0497	0,1285
2020-11-11 18:00:00	2,58	7,4	0,9213	0,1128
2020-11-12 00:00:00	2,58	7,4	0,792	0,097
2020-11-12 06:00:00	2,58	7,4	0,7218	0,0884
2020-11-12 12:00:00	2,59	7,4	0,5824	0,0713
2020-11-12 18:00:00	2,59	7,39	0,5037	0,0616
2020-11-13 00:00:00	2,59	7,39	0,4236	0,0518
2020-11-13 06:00:00	2,60	7,38	0,3936	0,0482
2020-11-13 12:00:00	2,60	7,38	0,3443	0,0421
2020-11-13 18:00:00	2,59	7,38	0,3072	0,0376
2020-11-14 00:00:00	2,59	7,38	0,274	0,0335
2020-11-14 06:00:00	2,60	7,38	0,2734	0,0334
2020-11-14 12:00:00	2,61	7,38	0,2824	0,0346
2020-11-14 18:00:00	2,61	7,38	0,2334	0,0286
2020-11-15 00:00:00	2,61	7,37	0,1726	0,0211
2020-11-15 06:00:00	2,60	7,37	0,1868	0,0228
2020-11-15 12:00:00	2,60	7,37	0,1834	0,0224
2020-11-15 18:00:00	2,60	7,36	0,172	0,021
2020-11-16 00:00:00	2,59	7,36	0,1673	0,0204
2020-11-16 06:00:00	2,54	7,36	0,1342	0,0164
2020-11-16 12:00:00	2,53	7,36	0,1623	0,0198
2020-11-16 18:00:00	2,53	7,36	0,1449	0,0177
2020-11-17 00:00:00	2,54	7,36	0,1221	0,0149
2020-11-17 06:00:00	2,54	7,36	0,1697	0,0208
2020-11-17 12:00:00	2,54	7,35	0,1562	0,0191
2020-11-17 18:00:00	2,53	7,36	0,1557	0,019
2020-11-18 00:00:00	2,55	7,35	0,1519	0,0186
2020-11-18 06:00:00	2,54	7,35	0,1453	0,0178
2020-11-18 12:00:00	2,54	7,35	0,1477	0,0181
2020-11-18 18:00:00	2,52	7,35	0,1416	0,0173
2020-11-19 00:00:00	2,52	7,35	0,1558	0,019
2020-11-19 06:00:00	2,54	7,35	0,133	0,0163
2020-11-19 12:00:00	2,55	7,35	0,1496	0,0183
2020-11-19 18:00:00	2,56	7,35	0,1338	0,0164
2020-11-20 00:00:00	2,57	7,35	0,1224	0,015
2020-11-20 06:00:00	2,58	7,35	0,1219	0,0149
2020-11-20 12:00:00	2,58	7,35	0,1118	0,0137
2020-11-20 18:00:00	2,58	7,35	0,1945	0,0238
2020-11-21 00:00:00	2,56	7,35	0,1219	0,0149
2020-11-21 06:00:00	2,54	7,35	0,1507	0,0184
2020-11-21 12:00:00	2,54	7,35	0,1773	0,0217
2020-11-21 18:00:00	2,55	7,35	0,1649	0,0202
2020-11-22 00:00:00	2,55	7,35	0,1421	0,0174

2020-11-22 06:00:00	2,55	7,35	0,1499	0,0183
2020-11-22 12:00:00	2,56	7,35	0,1601	0,0196
2020-11-22 18:00:00	2,58	7,35	0,1684	0,0206
2020-11-23 00:00:00	2,58	7,34	0,1582	0,0193
2020-11-23 06:00:00	2,58	7,34	0,1576	0,0193
2020-11-23 12:00:00	2,59	7,34	0,1418	0,0173
2020-11-24 00:00:00	2,59	7,34	0,1631	0,0199
2020-11-24 06:00:00	2,59	7,34	0,163	0,0199
2020-11-24 12:00:00	2,59	7,34	0,1697	0,0208
2020-11-24 18:00:00	2,60	7,34	0,1707	0,0209
2020-11-25 00:00:00	2,59	7,33	0,1684	0,0206
2020-11-25 06:00:00	2,59	7,33	0,1616	0,0198
2020-11-25 12:00:00	2,60	7,33	0,1365	0,0167
2020-11-25 18:00:00	2,61	7,33	0,154	0,0188
2020-11-26 00:00:00	2,61	7,33	0,1466	0,0179
2020-11-26 06:00:00	2,61	7,33	0,1368	0,0167
2020-11-26 12:00:00	2,63	7,33	0,1714	0,021
2020-11-27 06:00:00	2,63	7,32	0,1576	0,0193
2020-11-27 12:00:00	2,63	7,32	0,1604	0,0196
2020-11-27 18:00:00	2,64	7,32	0,1586	0,0194
2020-11-28 00:00:00	2,64	7,32	0,1496	0,0183
2020-11-28 06:00:00	2,64	7,32	0,1433	0,0175
2020-11-28 12:00:00	2,64	7,31	0,1625	0,0199
2020-11-28 18:00:00	2,65	7,31	0,1659	0,0203
2020-11-29 00:00:00	2,65	7,31	0,1754	0,0215
2020-11-29 06:00:00	2,64	7,31	0,1717	0,021
2020-11-29 12:00:00	2,64	7,31	0,1809	0,0221
2020-11-29 18:00:00	2,64	7,31	0,1843	0,0226
2020-11-30 00:00:00	2,63	7,31	0,1601	0,0196
2020-11-30 06:00:00	2,62	7,31	0,1916	0,0235
2020-11-30 12:00:00	2,62	7,31	0,1776	0,0217
2020-11-30 18:00:00	2,62	7,31	0,1427	0,0175
2020-12-01 00:00:00	2,63	7,3	0,1801	0,0221
2020-12-01 06:00:00	2,64	7,3	0,1828	0,0224
2020-12-01 12:00:00	2,65	7,3	0,1776	0,0217

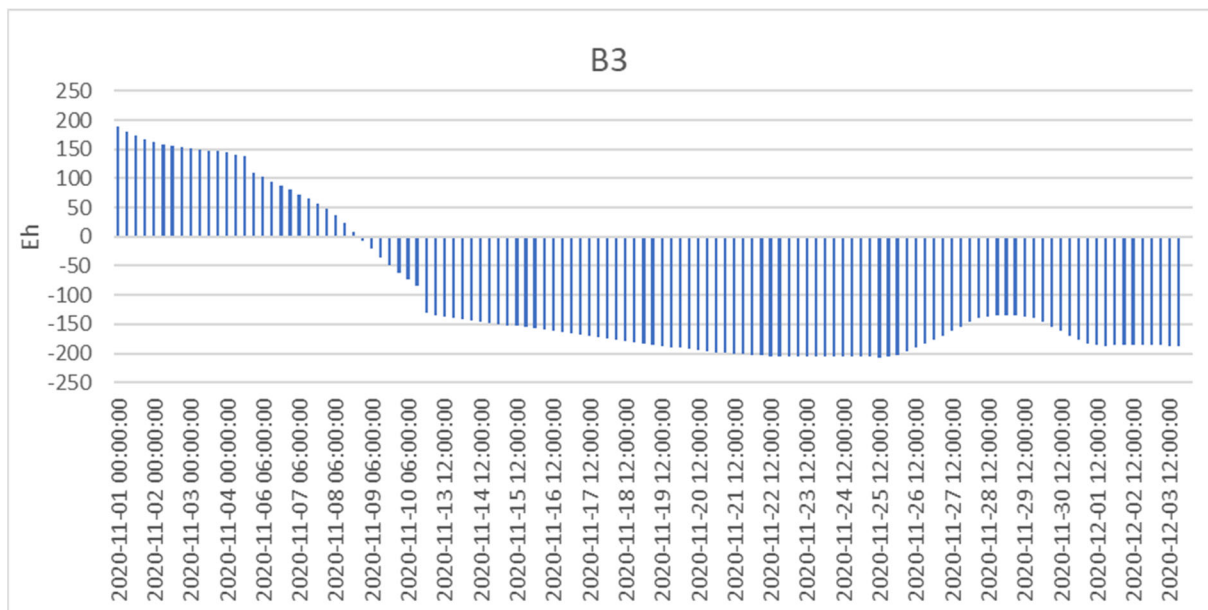
Tabell. Målinger i grunnvannsbrønnen B3 gjort av Geonor i perioden november og desember 2020.

Time	pH	Eh [mV]	Dybde[m]	Temp [°C]	DO Sat %	DO mg/l
2020-11-01 00:00:00	7,49	188,48	2,32	6,72	10,722	1,3385
2020-11-01 06:00:00	7,52	180,55	2,32	6,72	9,0885	1,1345
2020-11-01 12:00:00	7,54	174,75	2,31	6,72	6,2328	0,778
2020-11-01 18:00:00	7,56	167,91	2,31	6,72	6,0018	0,7491
2020-11-02 00:00:00	7,58	162,48	2,30	6,73	6,736	0,8408
2020-11-02 06:00:00	7,60	158,46	2,27	6,72	4,6138	0,5759
2020-11-02 12:00:00	7,61	155,32	2,27	6,73	2,6502	0,3307
2020-11-02 18:00:00	7,61	153,13	2,28	6,74	3,3617	0,4195
2020-11-03 00:00:00	7,62	151,24	2,28	6,74	5,394	0,6731
2020-11-03 06:00:00	7,62	149,81	2,30	6,74	4,883	0,6093
2020-11-03 12:00:00	7,62	148,20	2,30	6,74	1,7483	0,2181
2020-11-03 18:00:00	7,62	146,39	2,30	6,75	2,1831	0,2723
2020-11-04 00:00:00	7,62	144,28	2,31	6,75	4,1368	0,5161
2020-11-04 06:00:00	7,62	141,36	2,31	6,75	3,2328	0,4033

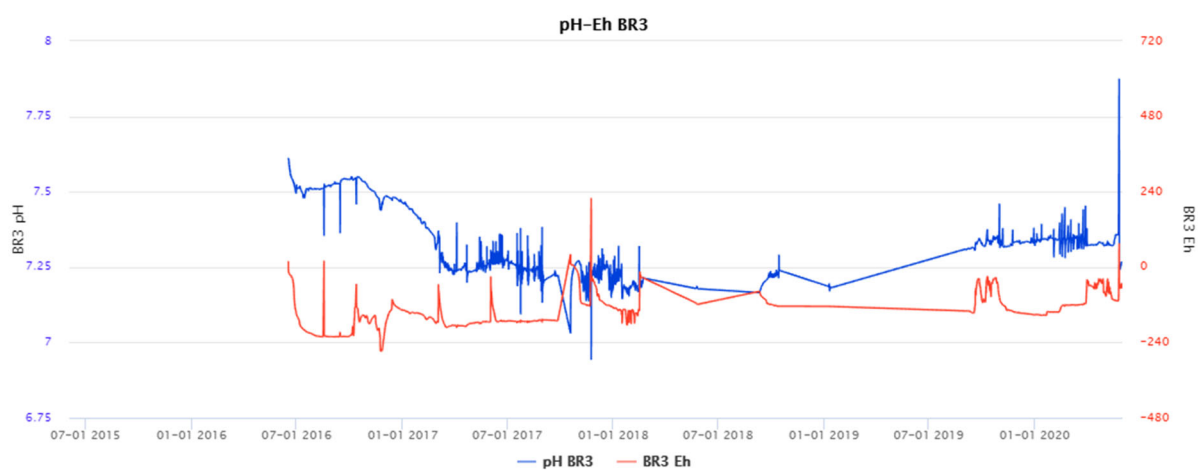
2020-11-04 12:00:00	7,62	138,48	2,31	6,75	1,6984	0,2118
2020-11-06 00:00:00	7,64	108,72	2,33	6,76	2,2748	0,2837
2020-11-06 06:00:00	7,65	102,14	2,34	6,76	1,8275	0,2279
2020-11-06 12:00:00	7,65	95,35	2,34	6,76	0,6463	0,0806
2020-11-06 18:00:00	7,66	88,64	2,34	6,76	0,7325	0,0913
2020-11-07 00:00:00	7,66	80,91	2,34	6,77	0,5738	0,0715
2020-11-07 06:00:00	7,67	72,89	2,34	6,77	0,7837	0,0977
2020-11-07 12:00:00	7,67	64,74	2,34	6,77	0,6322	0,0788
2020-11-07 18:00:00	7,68	56,53	2,34	6,77	0,6108	0,0761
2020-11-08 00:00:00	7,68	47,33	2,36	6,77	0,4122	0,0513
2020-11-08 06:00:00	7,68	35,98	2,36	6,77	0,0386	0,0048
2020-11-08 12:00:00	7,68	22,75	2,37	6,77	0	0
2020-11-08 18:00:00	7,68	8,08	2,37	6,77	0	0
2020-11-09 00:00:00	7,68	-6,41	2,37	6,78	0	0
2020-11-09 06:00:00	7,68	-20,84	2,38	6,78	0	0
2020-11-09 12:00:00	7,68	-34,90	2,39	6,78	0	0
2020-11-09 18:00:00	7,68	-48,32	2,38	6,78	0	0
2020-11-10 00:00:00	7,67	-61,06	2,39	6,79	0	0
2020-11-10 06:00:00	7,67	-73,16	2,39	6,79	0	0
2020-11-10 12:00:00	7,67	-84,26	2,39	6,79	0	0
2020-11-13 00:00:00	7,67	-130,53	2,40	6,8	0	0
2020-11-13 06:00:00	7,67	-133,78	2,40	6,81	0	0
2020-11-13 12:00:00	7,67	-136,84	2,41	6,81	0	0
2020-11-13 18:00:00	7,67	-139,50	2,40	6,82	0	0
2020-11-14 00:00:00	7,67	-141,87	2,41	6,82	0	0
2020-11-14 06:00:00	7,67	-144,03	2,40	6,82	0	0
2020-11-14 12:00:00	7,67	-146,14	2,41	6,82	0	0
2020-11-14 18:00:00	7,67	-148,13	2,42	6,82	0	0
2020-11-15 00:00:00	7,67	-149,93	2,42	6,82	0	0
2020-11-15 06:00:00	7,67	-151,65	2,42	6,82	0	0
2020-11-15 12:00:00	7,67	-153,31	2,41	6,82	0	0
2020-11-15 18:00:00	7,67	-154,92	2,41	6,82	0	0
2020-11-16 00:00:00	7,67	-156,43	2,41	6,83	0	0
2020-11-16 06:00:00	7,67	-158,20	2,36	6,82	0	0
2020-11-16 12:00:00	7,67	-160,59	2,34	6,83	0	0
2020-11-16 18:00:00	7,67	-163,02	2,35	6,83	0	0
2020-11-17 00:00:00	7,67	-165,34	2,35	6,83	0	0
2020-11-17 06:00:00	7,67	-167,58	2,36	6,84	0	0
2020-11-17 12:00:00	7,66	-169,93	2,35	6,84	0	0
2020-11-17 18:00:00	7,66	-172,17	2,34	6,84	0	0
2020-11-18 00:00:00	7,66	-174,20	2,36	6,84	0	0
2020-11-18 06:00:00	7,66	-176,26	2,35	6,84	0	0
2020-11-18 12:00:00	7,65	-178,51	2,34	6,84	0	0
2020-11-18 18:00:00	7,65	-180,94	2,33	6,84	0	0
2020-11-19 00:00:00	7,65	-183,36	2,32	6,84	0	0
2020-11-19 06:00:00	7,65	-185,48	2,32	6,85	0	0
2020-11-19 12:00:00	7,65	-187,41	2,36	6,85	0	0
2020-11-19 18:00:00	7,65	-189,32	2,38	6,86	0	0
2020-11-20 00:00:00	7,65	-190,96	2,38	6,86	0	0
2020-11-20 06:00:00	7,65	-192,57	2,39	6,86	0	0
2020-11-20 12:00:00	7,65	-194,25	2,40	6,86	0	0
2020-11-20 18:00:00	7,65	-196,01	2,39	6,86	0	0

2020-11-21 00:00:00	7,65	-197,92	2,38	6,86	0	0
2020-11-21 06:00:00	7,65	-199,53	2,36	6,86	0	0
2020-11-21 12:00:00	7,65	-200,35	2,35	6,86	0	0
2020-11-21 18:00:00	7,65	-201,29	2,36	6,86	0	0
2020-11-22 00:00:00	7,65	-202,34	2,37	6,87	0	0
2020-11-22 06:00:00	7,65	-203,41	2,37	6,87	0	0
2020-11-22 12:00:00	7,64	-204,55	2,37	6,87	0	0
2020-11-22 18:00:00	7,64	-205,42	2,39	6,87	0	0
2020-11-23 00:00:00	7,64	-206,10	2,39	6,88	0	0
2020-11-23 06:00:00	7,64	-206,49	2,39	6,88	0	0
2020-11-23 12:00:00	7,64	-206,41	2,41	6,88	0	0
2020-11-23 18:00:00	7,65	-206,06	2,40	6,88	0	0
2020-11-24 00:00:00	7,65	-206,03	2,41	6,89	0	0
2020-11-24 06:00:00	7,65	-206,17	2,40	6,89	0	0
2020-11-24 12:00:00	7,65	-206,17	2,41	6,89	0	0
2020-11-24 18:00:00	7,65	-205,67	2,41	6,89	0	0
2020-11-25 00:00:00	7,65	-205,73	2,41	6,89	0	0
2020-11-25 06:00:00	7,64	-206,17	2,40	6,89	0	0
2020-11-25 12:00:00	7,64	-206,51	2,41	6,89	0	0
2020-11-25 18:00:00	7,64	-205,69	2,41	6,89	0	0
2020-11-26 00:00:00	7,64	-202,30	2,42	6,9	0	0
2020-11-26 06:00:00	7,64	-197,23	2,43	6,9	0	0
2020-11-26 12:00:00	7,65	-191,04	2,44	6,9	0	0
2020-11-26 18:00:00	7,65	-183,62	2,44	6,9	0	0
2020-11-27 00:00:00	7,65	-176,06	2,45	6,9	0	0
2020-11-27 06:00:00	7,65	-169,03	2,44	6,91	0	0
2020-11-27 12:00:00	7,66	-161,53	2,44	6,91	0	0
2020-11-27 18:00:00	7,66	-153,74	2,45	6,91	0	0
2020-11-28 00:00:00	7,66	-146,34	2,45	6,91	0	0
2020-11-28 06:00:00	7,66	-140,23	2,45	6,91	0	0
2020-11-28 12:00:00	7,66	-136,83	2,46	6,91	0	0
2020-11-28 18:00:00	7,66	-135,12	2,46	6,91	0	0
2020-11-29 00:00:00	7,66	-134,33	2,46	6,91	0	0
2020-11-29 06:00:00	7,66	-135,03	2,45	6,91	0	0
2020-11-29 12:00:00	7,65	-136,68	2,45	6,92	0	0
2020-11-29 18:00:00	7,65	-139,87	2,45	6,92	0	0
2020-11-30 00:00:00	7,65	-146,73	2,44	6,92	0	0
2020-11-30 06:00:00	7,65	-154,26	2,44	6,92	0	0
2020-11-30 12:00:00	7,64	-162,07	2,43	6,93	0	0
2020-11-30 18:00:00	7,64	-169,83	2,43	6,93	0	0
2020-12-01 00:00:00	7,64	-177,38	2,44	6,93	0	0
2020-12-01 06:00:00	7,64	-184,11	2,45	6,93	0	0
2020-12-01 12:00:00	7,64	-186,05	2,46	6,93	0	0
2020-12-01 18:00:00	7,64	-186,69	2,46	6,93	0	0
2020-12-02 00:00:00	7,64	-186,58	2,46	6,93	0	0
2020-12-02 06:00:00	7,64	-186,18	2,46	6,93	0	0
2020-12-02 12:00:00	7,64	-186,09	2,45	6,93	0	0
2020-12-02 18:00:00	7,64	-186,29	2,44	6,94	0	0
2020-12-03 00:00:00	7,64	-186,43	2,44	6,93	0	0
2020-12-03 06:00:00	7,64	-186,59	2,43	6,94	0	0
2020-12-03 12:00:00	7,64	-186,75	2,44	6,94	0	0
2020-12-03 18:00:00	7,63	-187,60	2,44	6,94	0,0046	0,0005

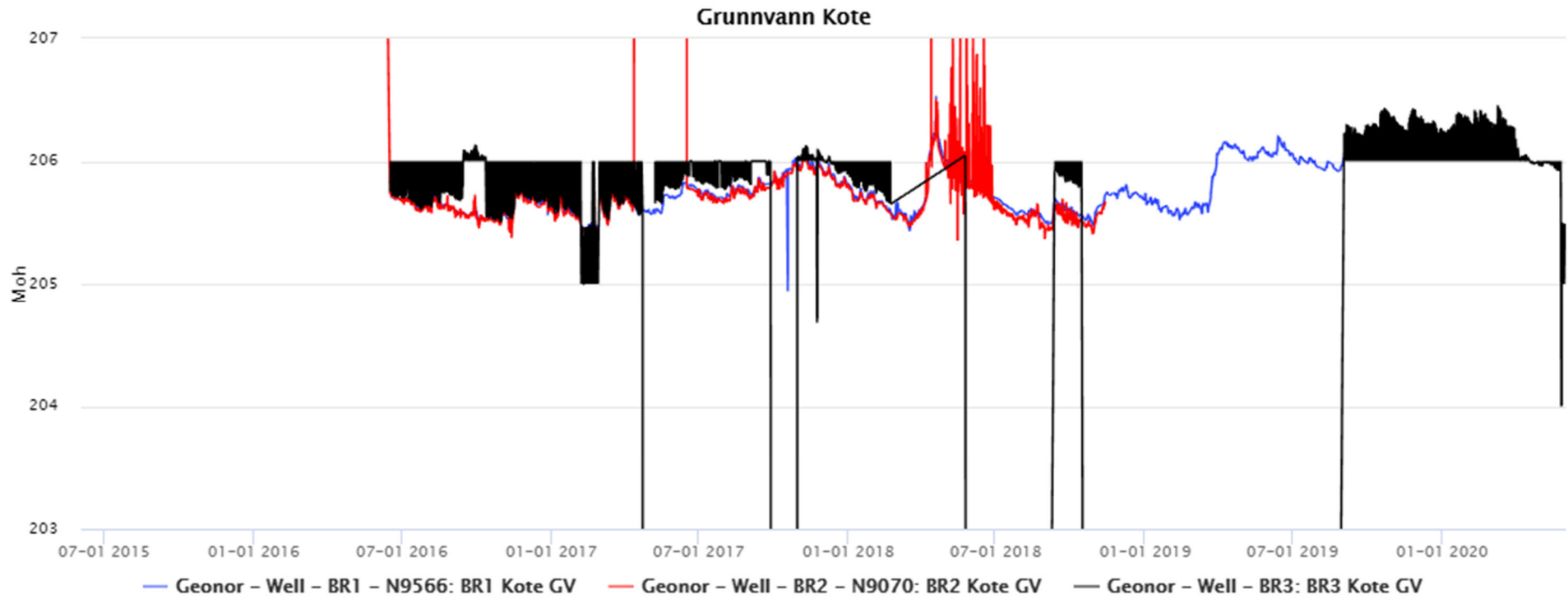




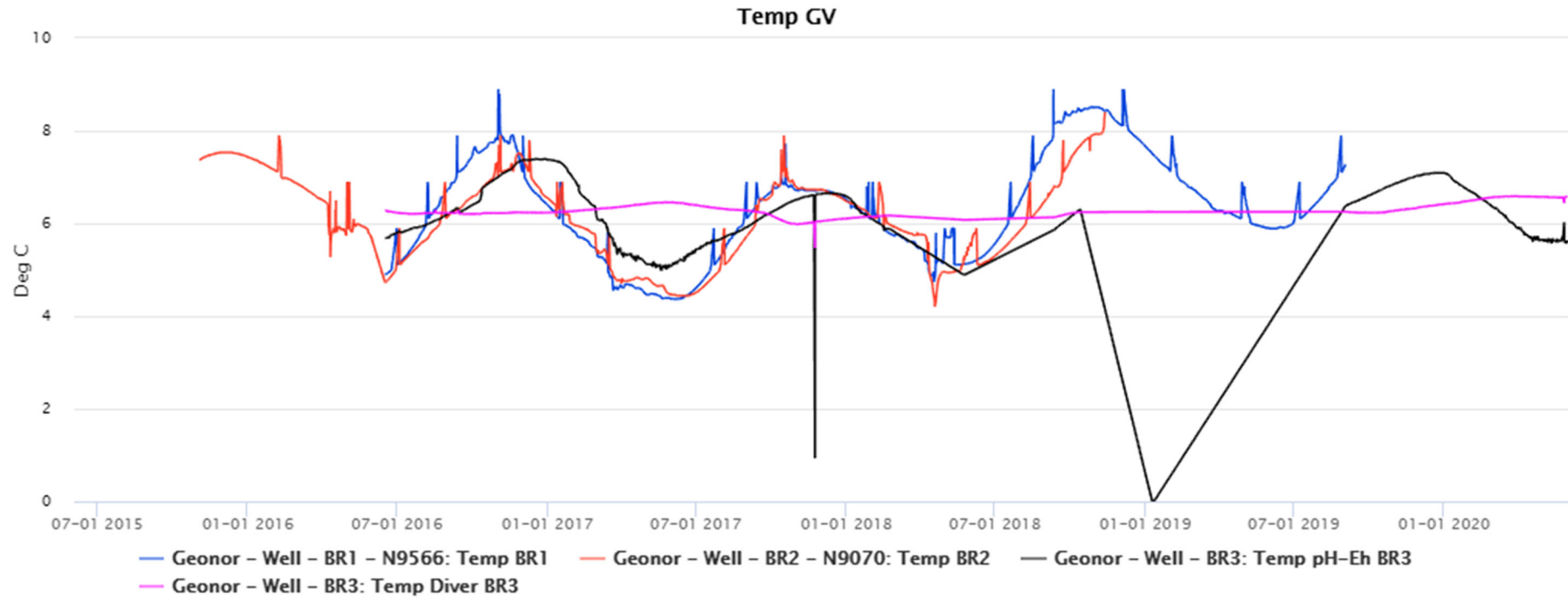
Figur. Redoksmålinger i grunnvannsbrønn B3 gjort av Geonor i perioden november-desember 2020.



Figur. pH og redoksmålinger utført av Geonor i grunnvannsbrønn B3 i perioden januar 2016-mars 2020.



Figur. Grunnvannshøyde i grunnvannsbrønnene B1-B3 i perioden 2016-2020. Målingene er gjort av Geonor.



Figur. Temperatur i grunnvann i brønnene B1-B3 i perioden 2016- 2020. Målingene er gjort av Geonor.

## Vedlegg IV – Bunndyr

	Vår					
	NOR-N	NOR-O	VIG-N	VIG-O	VØY-N	VØY-O
<b>Muslinger</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Pisidium</i> sp.			1			
<b>Biller</b>	<b>2</b>	<b>31</b>	<b>129</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>24</b>
<i>Elmis aenea</i>			79	8		4
<i>Elodes</i> sp.	2	8				1
<i>Hydraena gracilis</i>		22	42	6	32	19
<i>Hydraena</i> sp. (larve)		1				
<i>Limnius volckmari</i>			8	17		
<i>Oulimnius tuberculatus</i>						
<b>Tovinger</b>	<b>1215</b>	<b>2049</b>	<b>512</b>	<b>262</b>	<b>185</b>	<b>744</b>
Ceratopogonidae (indet.)	43	21	6	3	2	3
Chironomidae (indet.)	1136	1992	426	252	138	660
<i>Dicranota</i> sp.	10	8	34	4	10	17
Diptera (indet.)	1	1	1	1	6	
Empididae (indet.)	9		3	1	1	8
<i>Pedicia</i> sp.					1	
Psychodidae (indet.)	1	4	4		2	5
Simuliidae (indet.)	15	21	38	1	25	51
Tipulidae (indet.)		2				
<i>Dixa</i> sp.						
<i>Scleroprocta</i> sp.						
<i>Eloeophila</i> sp.						
<i>Rhypholophus</i> sp.						
<b>Døgnfluer</b>	<b>55</b>	<b>255</b>	<b>355</b>	<b>142</b>	<b>41</b>	<b>97</b>
<i>Baetis rhodani</i>	55	153	282	129	33	80
<i>Baetis</i> sp. (små/ødelagt)		102	72	13	8	17
<i>Leptophlebia</i> sp.			1			
<i>Baetis niger</i>						
<i>Baetis muticus</i>						
<b>Snegler</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Gyraulus</i> sp.		1		1		
<b>Steinfluer</b>	<b>566</b>	<b>838</b>	<b>529</b>	<b>92</b>	<b>307</b>	<b>738</b>
<i>Amphinemura</i> sp.			26	1	4	
<i>Amphinemura sulcicollis</i>		9	12	1	2	8
<i>Brachyptera risi</i>	559	777	271	76	275	714
<i>Isoperla grammatica</i>		18	2	1	6	
<i>Isoperla</i> sp. (små)			190	6	2	8

<i>Leuctra hippopus</i>		12				
<i>Nemoura cinerea</i>		2				1
<i>Nemoura</i> sp. (mangler bein)		18				
Nemouridae (indet.)	7	2				1
<i>Siphonoperla burmeisteri</i>			28	7	18	6
<i>Leuctra nigra</i>						
<i>Protonemura meyeri</i>						
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>						
<b>Vårfluer</b>	<b>51</b>	<b>53</b>	<b>23</b>	<b>14</b>	<b>30</b>	<b>15</b>
<i>Halesus</i> sp. (små)			3			
<i>Hydropsyche siltalai</i>			1			
Limnephilidae (indet.)	7	12	1		9	7
<i>Plectrocnemia conspersa</i>		1	2			
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>			3			
<i>Potamophylax cingulatus</i>		3		1	4	
<i>Potamophylax latipennis</i>			1			
<i>Potamophylax</i> sp. (små)	12	7			6	
<i>Rhyacophila fasciata</i>	32	30	1		4	2
<i>Rhyacophila nubila</i>			11	13	5	5
<i>Sericostoma personatum</i>					2	1
<i>Silo pallipes</i>						
<i>Rhyacophila</i> sp. (små/bleke)						
<i>Agapetus ochripes</i>						
<i>Hydropsyche pellucidula</i>						
Polycentropidae (indet.) (små)						
<b>Øvrige</b>	<b>21</b>	<b>63</b>	<b>81</b>	<b>7</b>	<b>25</b>	<b>16</b>
Oligochaeta (indet.)	21	63	72	7	25	16
Collembola (indet.)						
Hydrachnidia (Indet.)			9			

	Høst					
	NOR-N	NOR-O	VIG-N	VIG-O	VØY-N	VØY-O
<b>Muslinger</b>	<b>1</b>	<b>0</b>		<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<i>Pisidium</i> sp.	1			2	1	
<b>Biller</b>	<b>6</b>	<b>64</b>		<b>16</b>	<b>7</b>	<b>81</b>
<i>Elmis aenea</i>				9		5
<i>Elodes</i> sp.	3	1			1	
<i>Hydraena gracilis</i>	3	63		4	6	75
<i>Hydraena</i> sp. (larve)						
<i>Limnius volckmari</i>				3		
<i>Oulimnius tuberculatus</i>						1
<b>Tovinger</b>	<b>96</b>	<b>107</b>		<b>95</b>	<b>76</b>	<b>931</b>
Ceratopogonidae (indet.)	2	5		1	3	5

Chironomidae (indet.)	26	20	79	14	740
<i>Dicranota</i> sp.	20	6	3	6	3
Diptera (indet.)					
Empididae (indet.)	1			1	
<i>Pedicia</i> sp.	1				
Psychodidae (indet.)	31	39	1	39	143
Simuliidae (indet.)	13	29	11	4	29
Tipulidae (indet.)	1	8		5	1
<i>Dixa</i> sp.	1				8
<i>Scleroprocta</i> sp.				2	1
<i>Eloeophila</i> sp.				2	
<i>Rhypholophus</i> sp.					1
<b>Døgnfluer</b>	<b>671</b>	<b>510</b>	<b>52</b>	<b>48</b>	<b>198</b>
<i>Baetis rhodani</i>	648	486	47	45	176
<i>Baetis</i> sp. (små/ødelagt)					
<i>Leptophlebia</i> sp.					
<i>Baetis niger</i>	4				
<i>Baetis muticus</i>	19	24	5	3	22
<b>Snegler</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Gyraulus</i> sp.					
<b>Steinfluer</b>	<b>88</b>	<b>97</b>	<b>20</b>	<b>42</b>	<b>130</b>
<i>Amphinemura</i> sp.	3	10	5	12	38
<i>Amphinemura sulcicollis</i>	1				
<i>Brachyptera risi</i>		7		3	22
<i>Isoperla grammatica</i>	59	76	1	8	8
<i>Isoperla</i> sp. (små)	1	1	3	4	14
<i>Leuctra hippopus</i>	17	3		1	5
<i>Nemoura cinerea</i>	1				1
<i>Nemoura</i> sp. (mangler bein)					
Nemouridae (indet.)					
<i>Siphonoperla burmeisteri</i>	3		2	14	12
<i>Leuctra nigra</i>	3				2
<i>Protonemura meyeri</i>			6		28
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>			3		
<b>Vårfluer</b>	<b>16</b>	<b>22</b>	<b>18</b>	<b>40</b>	<b>17</b>
<i>Halesus</i> sp. (små)					
<i>Hydropsyche siltalai</i>					
Limnephilidae (indet.)	5	1		2	8
<i>Plectrocnemia conspersa</i>	1				
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>			1		
<i>Potamophylax cingulatus</i>					
<i>Potamophylax latipennis</i>					

<i>Potamophylax</i> sp. (små)					
<i>Rhyacophila fasciata</i>	9	11		5	2
<i>Rhyacophila nubila</i>			5	3	1
<i>Sericostoma personatum</i>	1	6		7	1
<i>Silo pallipes</i>		4	6	22	4
<i>Rhyacophila</i> sp. (små/bleke)				1	1
<i>Agapetus ochripes</i>			4		
<i>Hydropsyche pellucidula</i>			1		
Polycentropidae (indet.) (små)			1		
<b>Øvrige</b>	<b>38</b>	<b>46</b>	<b>12</b>	<b>28</b>	<b>12</b>
Oligochaeta (indet.)	35	45	12	25	11
Collembola (indet.)	1			2	
Hydrachnidia (Indet.)	2	1		1	1

## Vedlegg V – Begroingsalger

	NOR-O	NOR-N	VIG-O	VIG-N	VØY-O	VØY-N
<b>Cyanobakterier</b>						
<i>Leptolyngbya sp.</i>		+				+
<i>Phormidium cf favosum</i>			+			
<b>Grønnalger</b>						
<i>Bulbochaete sp.</i>	+	+				
<i>Cladophora glomerata</i>			99	99		
<i>Cladophora sp.</i>						+
<i>Microspora amoena</i>					+	
<i>Oedogonium c</i> (23-28 µ)				+		
<i>Oedogonium e</i> (35-43 µ)			+			
<i>Spirogyra a</i> (20-42 µ, 1K, L)	+					
<i>Ulothrix zonata</i>						+
<b>Gulgrønnalger</b>						
<i>Vaucheria sp.</i>			10		+	
<b>Rødalger</b>						
<i>Audouinella hermannii</i>	+	+++	10	99	++	+++
<i>Batrachospermum gelatinosum</i>				+		
<b>Antall indikatortaksa</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>



# Vedlegg VI – Vurdering av konsekvenser for ytre miljø: doseberegninger med ERICA Assessment Tool

## Metode

### ERICA Assessment Tool

For å estimere effekter på biota fra radionuklider beregner man dosen eller doseraten som en organisme mottar, og ser om disse er høyere enn doser eller doserater som er antatt å ikke gi effekt. Dose er mengden stråling en organisme har mottatt, og måles i gray (Gy) og betegner strålingsenergi avsatt i vev (J/kg). Doserate er dosen en organisme mottar med tiden, og angis i Gy/h (gray per time) eller vanligvis  $\mu\text{Gy/h}$ .

ERICA Assessment Tool er et verktøy for å vurdere radiologisk risiko til ikke-human biota. Verktøyet estimerer stråledoser til ulike referanseorganismer. Man setter en screeningverdi som er en doserate man ikke ønsker at skal overskrides for organismene man ser på. Dette bør være en doserate man antar ikke vil gi negative effekter. ERICA Assessment Tool gir estimert stråledose, men ettersom det alltid vil være usikkerhet knyttet til et slikt estimat beregner verktøyet også sannsynligheten for at stråledosen en organisme mottar er høyere enn screeningverdien.

For å beregne doseraten til ulike organismer i et økosystem, setter man inn estimert eller målt spesifikk aktivitet.

## Input

ERICA Assessment tool (Tier 2 i versjon 1.3) ble benyttet for doserateberegninger til referanseorganismer basert på målt og beregnet aktivitet. Spesifikk aktivitet av  $^{238}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  og  $^{210}\text{Po}$  ble målt i resipient. Spesifikk aktivitet av  $^{234}\text{U}$  og  $^{235}\text{U}$  er beregnet fra  $^{238}\text{U}$  ettersom dette er naturlig forekommende uran. Aktivitetskonsentrasjonene målt for  $^{210}\text{Po}$  og  $^{226}\text{Ra}$  var under deteksjonsgrensene (LOD) for alle resipienter. Ulike strategier er testet for å gjøre opp for manglende inputparametere:

1. Halvparten av LOD ble brukt som input for aktivitetskonsentrasjoner for  $^{210}\text{Po}$  og  $^{226}\text{Ra}$ . Dette er en vanlig brukt metode i modellering for å gjøre opp for manglende data (Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vannforskriften, 2018). Dette ble gjort for TUN-UT, og det er ikke nødvendig å gjøre dette for flere stasjoner ettersom doseraten domineres av Po og Ra som vil være det samme for alle stasjoner. For uran ble målt spesifikk aktivitet (0,98 Bq/L målt 30.09.2020) benyttet.
2. Doserater kun fra målte urankonsentrasjoner ble brukt som input for å se på doserater fra uran alene. Her ble høyeste målte urankonsentrasjon for TUN-UT (1,62 Bq L<sup>-1</sup> målt 10.07.2019) benyttet, ettersom dette er høyeste målte urankonsentrasjon i en resipient nedstrøms masselageret.
3. Fortynning av utslipp nedstrøms TUN-UT: En begrenset mengde vann slippes ut ved TUN-UT, og dette fortynnes i Vøyenbekken og ytterligere i Vigga. Fortynning vil redusere doseraten til organismer i økosystemet og dermed redusere sannsynligheten for biologiske effekter. Eksakt fortynningsfaktor er ikke kjent, så vi benyttet et lavt anslag på 10 ganger fortynning i Vøyenbekken og 100 ganger fortynning i Vigga. Spesifikk aktivitet av  $^{210}\text{Po}$  og  $^{226}\text{Ra}$  i vannet ved TUN-UT antas å være akkurat på deteksjonsgrensen, som et øvre estimat. For uran ble målt spesifikk aktivitet (0,98 Bq/L målt 30.09.2020) for hver enkelt stasjon benyttet.
  - a. VOY-N: 10 ganger fortynning gir 0.003 Bq/L  $^{226}\text{Ra}$  og 0.005 Bq/L  $^{210}\text{Po}$ .
  - b. VIG-N: 10 ganger fortynning gir 0.0003 Bq/L  $^{226}\text{Ra}$  og 0.0005 Bq/L  $^{210}\text{Po}$ .

$^{40}\text{K}$  er ikke mulig å velge som inputparameter i ERICA Assessment tool og ble derfor ikke tatt med i doseberegningene. Målinger av  $^{232}\text{Th}$  var stort sett under deteksjonsgrensen og er derfor ikke benyttet i doseberegningene. Verken  $^{232}\text{Th}$  eller  $^{40}\text{K}$  er forventet å gi særlige bidrag til doseraten ettersom begge radionuklider ha relativt lav radiotoksisitet (Carter MW, 1993).

Vurderingen ble gjort for et ferskvannøkosystem i Tier 2. Som screeningverdier for doserater ble 40  $\mu\text{Gy t}^{-1}$  for terrestriske dyr, fugler og reptiler, og 400  $\mu\text{Gy t}^{-1}$  for planter og andre akvatiske organismer brukt. Dette er doserater som antas å ikke gi målbare effekter på populasjonsnivå ved kronisk eksponering, ifølge informasjon gitt i ERICA Assessment Tool.

Det ble benyttet en usikkerhetsfaktor på 3, det vil si at verktøyet tester for en sannsynlighet på 5 % for å overskride dosescreeningverdien (standardvalg i ERICA Assessment Tool). Risikokvotienten er antatt å være normalfordelt.

For andre inputparametere ble standardverdier i ERICA Assessment Tool benyttet.

## Resultater

Konsentrasjonene av  $^{210}\text{Po}$  og  $^{226}\text{Ra}$  var under deteksjonsgrensen (LOD) i alle resipienter. Skipperud m.fl. (2016) målte  $^{210}\text{Po}$  i flere resipienter på Gran før (2013) og under (2015) tunnelbygging og etablering av masselager. Vøyenbekken og Vigga var blant resipientene. Spesifikk aktivitet av  $^{210}\text{Po}$  varierte fra under deteksjonsgrensen til 0,0076 Bq/L i 2013 og fra under deteksjonsgrensen til 0,0066 Bq/L i 2015. Alle disse prøvene ville vært under deteksjonsgrensen til metoden benyttet i denne søknaden (0,05 Bq/L).

Det er kun utført en prøvetakingsrunde for  $^{226}\text{Ra}$  og  $^{210}\text{Po}$ . Disse to radionuklidene er de viktigste bidragsyterne til doserate i utførte beregninger, og det relativt tynne datagrunnlaget er derfor en mulig svakhet som bidrar til usikkerhet i beregnede doser. Datagrunnlaget vil kunne forbedres dersom prøvetakingsprogrammet de kommende årene inkluderer målinger for urandøtre.

ERICA Assessment Tool tar kun hensyn til radiologiske effekter. For  $^{238}\text{U}$  (og  $^{232}\text{Th}$ ) kan den biologiske effekten underestimeres ettersom den største effekten på biota er forventet å være kjemisk.

Der hvor målt spesifikk aktivitet i en resipient er benyttet skilles det ikke på utslipp fra masselageret/tunnelen og bakgrunnskonsentrasjoner av gitte radionuklider. Doseberegningen vil derfor ta med effekt både av utslipp fra masselager/tunnel samt bakgrunn.

Doserater estimert med  $0,5 \times \text{LOD}$ , før fortykning

Doserater ble estimert gitt målte konsentrasjoner ved stasjon TUN-UT. Ingen doserater oversteg screeningverdien.

ERICA Assessment Tool beregner også *sannsynligheten* for at screeningsverdien kan overskrides, ettersom alle doseberegninger har en usikkerhet. For amfibier, fugler, insektlarver, bløtdyr (skjell og snegler) og dyreplankton kan det ikke med 95 % sikkerhet utelukkes at doseraten kan overstige screeningverdien (markert med gult i tabell 11). Prøven representerer ufortynnet vann i tunnelutløpet (TUN-UT), og man kan således forvente en fortykning i det vannet ledes ut i Vøyenbekken og Vigga.

Tabell 11: Estimerte doserater og screeningverdier brukt for de ulike referanseorganismene. Estimerte doserater overskrider ikke screeningverdien for noen av organismene. Gul indikerer at man ikke kan utelukke muligheten for at screeningdoseverdien overskrides ( $p > 0.05$ ). Inputverdier er fra 30.09.2020.

Organism	Total Dose Rate per organism [ $\mu\text{Gy h}^{-1}$ ]	Dose Rate Screening Value (40, 400) [ $\mu\text{Gy h}^{-1}$ ]
Amphibian	20	40
Benthic fish	6	400
Bird	18	40
Crustacean	18	400
Insect larvae	157	400
Mammal	8	40
Mollusc - bivalve	174	400
Mollusc - gastropod	174	400
Pelagic fish	6	400
Phytoplankton	6	400
Reptile	10	40
Vascular plant	23	400
Zooplankton	156	400

Aktivtetskonsentrasjonen til radionuklidene  $^{226}\text{Ra}$  og  $^{210}\text{Po}$  var under deteksjonsgrensen for alle målte resipienter. Det er derfor heftet stor usikkerhet ved presenterte doseestimer, og usikkerheten vurderes å være på konservativ side. Hvis man ser på doseraten til hver organisme fra de ulike radionuklidene (figur 30), ser man at  $^{226}\text{Ra}$  og  $^{210}\text{Po}$  bidrar klart mest til doseraten, mens uranisotopene bidrar mindre.



Figur 36: Doserate estimert for de ulike referanseorganismene fra gitte radionuklider beregnet med ERICA Assessment Tool. Beregnet bidrag til doserater er størst for <sup>226</sup>Ra og <sup>210</sup>Po, mens det er mindre for uranisotopene.

### Doserater fra målte urankonsentrasjoner, før fortynning

Doserater beregnet fra målte konsentrasjoner av uran (<sup>238</sup>U, <sup>235</sup>U og <sup>234</sup>U) vises i tabell 12. Input benyttet for denne beregningen var høyeste målte urankonsentrasjonen ved stasjon TUN-UT (1,62 Bq L<sup>-1</sup> målt 10.07.2019). Heller ikke for denne beregningen overskred noen av doseratene screeningverdien, og i dette tilfellet kan man med 95 % sikkerhet utelukke at screeningverdiene vil overskrides. Igjen representerer prøven ufortynnet vann i tunnelutløpet, og man kan forvente en fortynning når vannet slippes ut i Vøyenbekken og senere Vigga.

Tabell 12: Estimerte doserater til referanseorganismer for TUN-UT basert på urankonsentrasjoner målt 10.07.2019. Ingen av de estimerte doseratene overskrider screeningverdien ( $p < 0.05$ ).

Organism	Total Dose Rate per organism [µGy h <sup>-1</sup> ]	Dose Rate Screening Value [µGy h <sup>-1</sup> ]
Amphibian	10	40
Benthic fish	6	400
Bird	5	40
Crustacean	17	400
Insect larvae	17	400
Mammal	10	40
Mollusc - bivalve	48	400
Mollusc - gastropod	48	400
Pelagic fish	6	400
Phytoplankton	6	400
Reptile	10	40
Vascular plant	32	400
Zooplankton	17	400

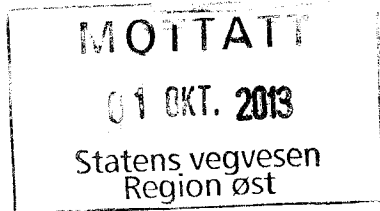
## Doserater estimert ved fortynning av TUN-UT

Doserater beregnet ved å estimere spesifikk aktivitet for  $^{226}\text{Ra}$  og  $^{210}\text{Po}$  ved fortynning av vannet fra TUN-UT vises i Tabell 13. Disse doseratene var minimum en størrelsesorden lavere enn screeningverdien, og indikerer derfor ingen potensielle effekter av radioaktiv stråling på noen av referanseorganismene. For Vigga er dette ansett for å være et konservativt anslag ettersom fortynningen av vannet fra TUN-UT er antatt å være adskillig større enn 100 ganger for henholdsvis VIG-N, mens for VOY-N kan anslaget være realistisk. Videre var spesifikk aktivitet av  $^{226}\text{Ra}$  og  $^{210}\text{Po}$  under deteksjonsgrensen i TUN-UT, og deteksjonsgrensen ble benyttet som antatt spesifikk aktivitet. Reell spesifikk aktivitet kan være lavere.

Tabell 13: Doseringer estimert for referanseorganismer i ERICA Assessment Tool. Spesifikk aktivitet for  $^{226}\text{Ra}$  og  $^{210}\text{Po}$  i målepunkter VOY-N og VIG-N er estimert ved henholdsvis 10 og 100 ganger fortynning av estimert spesifikk aktivitet i TUN-UT (dvs. deteksjonsgrensen).

Organism	Total Dose Rate per organism [ $\mu\text{Gy h}^{-1}$ ]		Dose Rate Screening Value [ $\mu\text{Gy h}^{-1}$ ]
	VOY-N	VIG-N	
Amphibian	3,5	0,4	40
Benthic fish	0,8	0,1	400
Bird	3,3	0,4	40
Crustacean	2,6	0,4	400
Insect larvae	30,4	3,1	400
Mammal	1,0	0,2	40
Mollusc - bivalve	32,3	3,5	400
Mollusc - gastropod	32,3	3,5	400
Pelagic fish	0,8	0,1	400
Phytoplankton	0,9	0,1	400
Reptile	1,6	0,2	40
Vascular plant	2,9	0,5	400
Zooplankton	30,3	3,1	400

## Vedlegg VII – Tillatelse og vilkår MD og DSA



2010/164703-195



Staten vegvesen Region øst  
Postboks 1010  
2605 LILLEHAMMER

Oslo, 27.09.2013

Deres ref.:  
[Deres ref.]

Vår ref. (bes oppgitt ved svar):  
2013/6357

Saksbehandler:  
Hans Jørund Hansen  
Per Erik Johansen

## Ny riksveg 4 gjennom Hadeland - Tillatelse til graving i alunskifer og bruk av alunskifermasser til oppbygging av veg

Miljødirektoratet gir Statens vegvesen tillatelse til graving i alunskifer og bruke disse massene i vegbyggingen som erstatning for rene masser. Tillatelsen er gitt på bestemte vilkår, se vedlegg. Forholdene knyttet til stråling behandles av Statens Strålevern.

Alunskifer kan være syredannende og ha et høyt tungmetallinnhold. Bruk av syredannende alunskifermasser til masseutskifting i myr kan først starte opp etter at etterspurte utredninger er gjennomført og gitt tilfredsstillende resultat. Bla. skal det dokumenteres at de hydrologiske, fysiske og kjemiske egenskapene i myrområdet er egnet for disponering av syredannende masser både før og etter at masseutskiftningen er gjennomført.

Vi setter krav om av det utarbeides et overvåkning-, kontroll-, og beredskapsprogram for anleggsperioden og etter endt tiltak.

Dokumentasjon skal oversendes til Miljødirektoratet for gjennomsyn og tilbakemelding før arbeidet med disponering av syredannende masser starter.

Miljødirektoratet viser til Statens vegvesens søknad mottatt 06.09.2012, møter om søknaden og tilsendt tilleggsinformasjon den 16.05.2013. Vi viser også til høringsuttalelsene og sakens øvrige dokumenter. Søknaden gjelder tillatelse til graving i forurenset grunn (alunskifer) og nyttiggjøring av utsprengte alunskifermasser til bruk i vegbyggingen.

Forholdene knyttet til stråling i dette prosjektet behandles av Statens Strålevern.

### Bakgrunn og regelverk

I forurensningsforskriften § 2-3a, er masser som danner syre i kontakt med luft eller vann, definert å være forurenset grunn. Alunskifer eller svartskifer er en bergart som kan gi slike reaksjoner. Disse bergartene forekommer hyppig på Hadeland. Bygging av ny riksveg 4 gjennom Hadeland vil derfor lett komme i kontakt med denne type materiale. I denne

saken søkes det om å utnytte slike masser i vegbyggingen.

Alunskifer vil i denne sammenheng bli klassifisert som næringsavfall og dermed berørt av forurensningslovens § 32. Hovedregelen etter denne bestemmelsen er at næringsavfall skal bringes til lovlige avfallsanlegg med mindre det "gjenvinnes eller brukes på annen måte". Bestemmelsen åpner også for at forurensningsmyndigheten "kan samtykke i annen disponering av avfallet på nærmere fastsatte vilkår".

Lovforarbeidene gir ikke svar på hva som menes med "gjenvinnes" og "brukes på annen måte". Det er imidlertid naturlig å forstå bestemmelsen slik at begrepet "gjenvinnes" henspiller på "materialgjenvinning", mens "brukes på annen måte" dekker andre former for nyttig bruk av avfall. Miljødirektoratet har lagt til grunn at begge alternativene omfatter tiltak som bidrar til å redusere forbruket av naturressurser ved at avfall erstatter materialer som ellers ville blitt benyttet til et bestemt formål. Hovedintensjonen skal være behovet for å få tilført masser og ikke ønsket om kun å bli kvitt masser på en enkel måte.

#### *Alunskifer*

Alunskifer eller svartskifer er kjent fra lang tid tilbake for å være et materiale som kan gi store byggetekniske problemer. Foruten at visse typer alunskifer kan være syredannende, vil alunskifer ha et høyt tungmetallinnhold. Et av disse tungmetallene er uran, slik at bergarten kan avgi stråling og danne radongass. Det følger med at bergarten kan ha store svelle- og etsegenskaper.

På grunn av alunskiferens porøsitet forvitrer den raskt når den kommer i kontakt med luft. Sulfidene i skifer oksideres og danner svovelsyre. Oksidasjon og sur avrenning kan føre til utlekking av store mengder tungmetaller.

Dette er bakgrunnen for at bergarten kan gi varierte og enkelte ganger omfattende forurensninger til miljøet, men også at en graveaktivitet kan påvirke eller skade mennesker, bygninger og det ytre miljø.

Ved et nøye planlagt anleggsarbeid med gjennomtenkte prosedyrer i alle ledd vil risikoen for skade og forurensning kunne minskes betydelig. Dette gjelder ikke minst arbeidet for å unngå syredannelse fra alunskiferen. Det er heller ikke all alunskifer eller svartskifer som danner syre i kontakt med luft eller vann. Syredannelsen bestemmes i stor grad av de geokjemiske egenskapene til skiferen og nærvær av naturlige oksiderende forbindelser som oksygen, nitrat, jern (III) og mangan (IV).

Som avfallsmasse vil alunskifer lett kunne skape problemer og forurensninger ved en feilaktig disponering. Det er få mottakssteder for slike masser i Norge. Den vanligste løsningen er transport til Langøya og deponering der.

#### **Beskrivelse av tiltaket**

Søknaden gjelder bygging av ny riksveg 4 (Rv.4) fra Gran grense til Jaren. Den skal bygges som en firefelts veg. Veggen legges i en 1,7 km lang tunnell med to løp under og rundt Gran





sentrum. Dette gir store mengder sprengstein og ca. 100.000 m<sup>3</sup> av disse regnes å være svartskifer med og uten syredannende egenskaper. I tillegg vil prosjektet skape noen store fjellskjæringer. Vegen vil bli lagt over et parti med myr- og torvmasser. Disse massene er ikke egnet som byggegrunn og vil måtte byttes ut med annet materiale som fundament.

Statens vegvesen gir i søknaden og tilleggsinformasjonen uttrykk for at tiltaket har en rekke miljøutfordringer som det foreligger flere alternative løsninger på. Noen av disse problemstillingene er bare skissemessig behandlet, mens andre er mer fyldig kommentert. Det legges også opp til at noen praktiske problemstillinger må løses underveis, slik det er vanlig å gjøre i prosjektering av et større anleggsarbeid.

Sprengsteinen skal sorteres i ikke-syredannende og syredannende etter kriteriene for syredannende egenskaper utviklet i Miljødirektorats prosjekt "Identifisering og klassifisering av alunskifer".

Vegvesenet søker om å bruke alunskifermasser til masseutskiftingen i myra i den grad det ikke øker risikoen for senere syredannelse og er praktisk gjennomførbart. De syredannende massene er tenkt plassert nederst mot fjell eller bunnmorene. På denne måten mener Statens vegvesen at de sørger for at den syredannende skiferen blir tatt hånd om og får en sikker og miljømessig tilfredsstillende disponering samtidig som de samme massene dekker behovet for noen av de fyllmassene som er nødvendig å tilføre myrområdet.

#### *Tiltak mot spredning*

For å redusere innstrømningen av vann og eventuell spredning, skal massene komprimeres og dekkes til med leire eller andre tette masser. Om nødvendig er det planlagt bruk av membran, eventuelt også å bruke spunt. Membranen vil bli plassert slik at den vil ligge permanent neddykket.

Tiltaksplanen foreslår også å bruke spunt og eventuelt injisere en slurry med leire for ytterligere sikring mot utstrømning av grunnvann fra området. Dette vil også være et aktuelt tiltak for å sikre fremtidig stabilt oksygenfattig grunnvannsnivå. Vegvesenet understreker at grunnvannet i bunnen av en myr ikke sirkulerer i samme grad som overflatevannet.

Som avbøtende tiltak for å hindre spredning av forurensninger, foreslår Vegvesenet blant annet kalking, bygging av slamavskillere, sedimentasjonsbassenger, felling av tungmetaller og utlegging av sorbenter. Det kan også være aktuelt å etablere et fordrøyningsbasseng for å regulere utslippsmengden i anleggsfasen og lede overflatevann bort i anleggsfasen.

#### *Mellomlagring av masser*

Mellomlagring skal unngås så langt det er mulig, men det tas høyde for at det kan være nødvendig å mellomlagre masser opptil noen uker. Eventuelt mellomlagrede masser skal legges på et tørt, drenert underlag og tildekkes ved fare for nedbør. Tildekking for å begrense oksygentilgang er mulig.

Alunskifers reaktivitet vil avhenge av årstid, lufttemperatur og nedbørsituasjon. Søker har derfor tatt høyde for at en del alunskifer kan kjøres til eksternt godkjent deponi dersom forholdene tilsier at det er uønsket med mellomlagring.

### Overvåkning

Søknaden skisserer en overvåkning av forurensningsnivået i grunnvann og overflatevann i og til myrområdet. Det skal etableres overvåkningsbrønner oppstrøms og nedstrøms anleggsområdet. Foreslått prøvetakingsprogram omfatter blant annet drenering fra tunnel og vann fra sedimentasjonsbasseng.

Statens vegvesen har utarbeidet et forslag til grenseverdier for utslipp fra anleggsvirksomheten, samt at det er foreslått mulige strakstiltak dersom grenseverdiene overstiges. Det er ikke spesifisert i tiltaksplanen hvor ofte prøvetakningen skal gjennomføres eller for hvilke prøvepunkter grenseverdiene er gjeldene. Grenseverdiene er fastsatt med utgangspunkt i høyest observerte bakgrunnskonsentrasjoner i bekker og i Vigga.

Tabell 1. Forslag til grenseverdier

Analyseparameter	Forslag til grenseverdi
Fe (mg/l)	0,6
Al (µg/l)	300
As (µg/l)	8,5
Cd (µg/l)	1,5
Cr (µg/l)	3,4
Cu (µg/l)	7,8
Hg (µg/l)	0,07
Ni (µg/l)	34
Pb (µg/l)	14
Zn(µg/l)	11
SO <sub>4</sub> (µg/l)	200
NO <sub>3</sub> -N (µg/l)	10
pH	6-8,5

### Høring

Miljødirektoratet har i samsvar med kravene i § 16 i forvaltningsloven sørget for at saken har vært ute på høring til sakens parter, Gran kommune, Fylkesmannen i Oppland og berørte naboer. Vi har mottatt to høringsuttalelser, henholdsvis fra Gran kommune og Fylkesmannen i Oppland. Gran kommune mener at det bør gis tillatelse til den omsøkte håndteringen av alunskifermassene, men at det må settes vilkår til håndtering av drensvann fra tunellen og åpne skjæringer med alunskifer. Fylkesmannen i Oppland er av samme oppfatning og legger til at det er viktig at utbyggingen ikke fører med seg forurensning både i anleggsfasen og etter slutføring. I sin kommentar til høringsuttalelsene påpeker Statens vegvesen at det kan være aktuelt å gjennomføre flere avbøtende tiltak for å hindre eller redusere forurensninger fra både anleggs- og driftsfasen.

### **Miljødirektoratets vurderinger**

Bygging av Rv. 4 vil komme i kontakt med berggrunn med syredannende egenskaper og som derfor er forurenset grunn, jf. § 2-3a i forurensningsforskriften kap.2.

Fordi denne saken dreier seg om lokal disponering av syredannende skifermasser som ikke tidligere er utprøvd, har Miljødirektoratet avgjort at vi behandler saken slik forurensningsforskriften § 2-2 åpner for. Gravearbeidet og disponering av syredannende skifermasser vil dermed kreve en tillatelse etter forurensningsloven § 11.

Miljødirektoratet vurderer denne søknaden til å gjelde både tillatelse til graving i forurenset grunn og tillatelse til bruk av syredannende skifermasser til masseutskiftning i myr som berøres av vegutbyggingen.

Når det gjelder den delen av søknaden som berører sortering og disponering av alunskifer i myr, preges denne i stor grad av at prosjektet ikke har fått sin endelige utforming. I denne saken gir Miljødirektoratet derfor en tillatelse på vilkår om at visse utredninger skal utføres før massedisponeringen eventuelt kan starte. Imidlertid anser vi det som mulig at selve gravetiltaket kan starte opp før alle nødvendige forhold omkring massedisponeringen i myra er avklart. Dette kan medføre at syredannende skifermasser må leveres til godkjent avfallsdeponi i korte perioder eller for hele anleggsfasen.

#### *Graving i forurenset grunn*

Et viktig prinsipp i grunnforurensningssaker er at søkte tiltak ikke i seg selv skal medføre noen forurensningsspredning av betydning. For å unngå at vegbyggingen fører til en midlertidig fare før økt spredning av miljøfarlige stoffer fra grunnen, stiller vi derfor særskilte krav til selve gravearbeidet, overvåking og kontroll jf. vilkår 7-11.

Miljødirektoratet har forståelse for Gran kommunes høringsinnspill og setter krav til at det blir gjennomført avbøtende tiltak der veibyggingen lager åpne skjæringer med alunskifer. Håndtering av dreinsvann fra tunellen og skjæringer skal gjennomføres på en slik måte at det tilfredsstiller øvrige krav til spredning fra tiltaksområdet jf. vilkår 9 - 11.

#### *Bruk av syredannende skifermasser til masseutskiftning*

I dette prosjektet planlegges det at alunskifermassen skal brukes til masseutskiftning av en myr som berøres av vegprosjektet. Miljødirektoratet vurderer dette kun som miljømessig akseptabelt dersom denne disponeringen av skifermassene kan betraktes som nyttiggjøring, og at bruken ikke medfører uakseptabel fare for forurensning. En vurdering av forurensningsfaren ved dette er nærmere kommentert i eget avsnitt om massedisponering i myra.

En forutsetning for at bruken kan betraktes som nyttiggjøring, er at det er behov for utskiftning av masser for å skaffe et stabilt vegunderlag og at Statens vegvesen anser alunskifermasser som egnet som vegunderlag. Dette massebehovet er avgjørende for mengden skifermasser som plasseres i myra. Behovet for å disponere syredannende skifermasser som oppstår som følge av vegprosjektet skal følgelig ikke legges til grunn. Å

ta ut mer myrmasser enn det som er nødvendig for å få plass til alle skifermasser, slik det foreslås i søknaden, er i strid med dette.

Dersom det skulle oppstå mer syredannende skifermasser i vegprosjektet enn det som ut fra nevnte betingelser kan nyttiggjøres i myra, mener Miljødirektoratet at disse i stedet må leveres til godkjent avfallsdeponi. Søknaden har ikke anslått hvilket volum myrmasser som kreves utskiftet som følge av tekniske forhold ved vegbygging i myrområdet. Vi setter derfor som vilkår for tillatelsen (se vilkår 14) at dette utredes nærmere og meldes tilbake til oss før myrområdet kan tas i bruk som disponeringssted for de syredannende massene.

#### *Sortering og mellomlagring*

I det tilfellet disse utredningene viser at behovet for masseutskifting er lavere enn mengden alunskifermasser som genereres, er det viktig at massene gjennomgår en sortering og klassifisering etter syrepotensial. Dette for å sikre at syredannende skifermasser blir håndtert forsvarlig. Dette krever ikke bare ekspertise på stedet, men også et godt planlagt apparat for å håndtere masseflyten fra sprenging og uttak av fjell til endelig plassering av massene. Klassifisering av skiferen vil kreve en geokjemisk analyse med etterfølgende faglige vurderinger.

I tiltaksplanen fastslås det at mellomlagring skal unngås så langt det er mulig, men at det kan være aktuelt å mellomlagre syredannende masser i opptil noen uker. Miljødirektoratet vurderer imidlertid mellomlagring til å kunne representere en særlig risiko for at uønskede oksidasjonsprosesser settes i gang. Dette kan igjen resultere i uakseptabel avrenning til omgivelsene både under mellomlagringen og slutt disponeringen. Vi mener derfor at Statens vegvesen særskilt må redegjøre for hvordan og i hvor lang tid de mest syredannende massene kan mellomlagres, eller om disse i stedet bør transporteres rett til godkjent avfallsdeponi dersom de ikke kan brukes til oppfylling av myra jf vilkår 13 og 16.

I tråd med føre-var prinsippet, mener Miljødirektoratet at alle skifermasser med ukjent syrepotensial eller masser klassifisert som syredannende som mellomlagres, bør tildekkes slik at vann og luftgjennomstrømning hindres jf. vilkår 16.

#### *Disponering i myr*

En forutsetning for at Miljødirektoratet aksepterer bruk av syredannende skifermasser til masseutskifting, er at dette gjøres slik at det ikke fører til uakseptabel spredning av forurensning fra myra til omgivelsene. Vi mener det bør utarbeides beredskapsplaner for en alternativ håndtering av massene, dersom driftsstopp eller andre forhold hindrer disponering av massene i myra.

Søkeren anser nyttiggjøring av skiferholdige overskuddsmasser i et myrområde som en fordelaktig og sikker form for disponering av syredannende alunskifermasser, fordi forholdene i myra som hindrer nedbryting av organisk materiale også vil føre til at alunskifer ikke forvitrer og fører til frigjøring av syre og tungmetaller. Miljødirektoratet ser at det kan være fordeler med å disponere syredannende alunskifermasser under vannmettede forhold for å hindre oksidasjon og syredannelse, men ser behov for ytterligere utredning av miljøforholdene i myra og effekt av en masseutskifting.

Syredannende alunskifer forvitrer raskere enn andre svartskifertyper, og forvitring av større mengder alunskifer skaper sure miljøforhold som igjen øker forvitringshastigheten. Dette betyr at hvis forvitringen har kommet i gang, vil den foregå raskere og raskere. Det er derfor avgjørende at syredannende alunskifer har stabile forhold med svært lav vanngjennomstrømning, lavt innhold av oksiderende forbindelser (som oksygen, nitrat, oksidert jern og mangan) og egnede pH-forhold. Etter vår oppfatning er de hydrologiske, fysiske og kjemiske forholdene i dette området ikke tilstrekkelig kartlagt, samt hvordan disse antatt gunstige forhold kan opprettholdes etter at masseutskiftingen er gjennomført. Vi stiller derfor krav om at dette er utredet og gitt tilfredsstillende resultat før disponering av syredannende skifermasser kan starte, jf. vilkår 12. Dokumentasjon skal oversendes Miljødirektoratet for vurdering og tilbakemelding.

Videre mener Miljødirektoratet at strømningsveiene for grunnvann og overflatevann i og rundt myrområdet må være godt kartlagt for å kunne kontrollere avrenning fra området og iverksette avbøtende tiltak hvis det viser seg at utlekking av tungmetaller og syre er uakseptabel høy. Vegvesenet må også ha oversikt over faktorer og inngrep som kan føre til en senkning av grunnvannsstanden og sikre at dette ikke skjer i fremtiden.

Vegvesenet skisserer ulike avbøtende tiltak som skal hindre tilgang av oksygen og gjennomstrømning av vann. Det kommer ikke frem av søknaden hvilke av disse tiltakene som skal iverksettes og hvordan disse skal utformes i detalj. Miljødirektoratet mener derfor det er viktig at Vegvesenet har redegjort for om eventuelle avbøtende tiltak som spunting, membraner, kalking ol. kan ha uønskede effekter på myras eller skifermassenes egenskaper, jf. vilkår 12.

#### *Om overvåking og beredskap*

Gravearbeid og håndtering av forurensede masser kan føre til økt risiko for spredning av miljøfarlige stoffer. Miljødirektoratet mener derfor det er nødvendig å konkretisere et overvåkningsprogram for anleggsfasen og et annet for driftsfasen.

Overvåkningsprogrammene skal dokumentere prøvepunkter, metode og hyppighet på prøvetakningen.

Miljødirektoratet mener at det i anleggsfasen og i driftsfasen er viktig å kontrollere tilstrømning og avrenning av overflate- og grunnvann både fra graveområdene og myra. Det skal også foretas kjemiske målinger av vannkvaliteten. Overvåkingen skal være tilstrekkelig omfattende til å avdekke om det skjer spredning av forurensning fra tiltaksområdet og disponeringsområdet. For å kunne avdekke eventuell forvitring av syredannende alunskifermasser på et så tidlig tidspunkt som mulig, skal overvåkingen ikke bare omfatte alle parametere av miljømessig betydning, men også indikatorparametere som indikerer status i forvittringsprosessen og hvordan miljøforholdene i myra er.

Etter tiltaket er gjennomført, mener Miljødirektoratet det er også viktig å kunne kontrollere grunnvannsforholdene i myrområdet. Eventuelt senket grunnvannstand kan medføre lett tilgang på oksygen og kunne føre til økt syredannelse. De hydrogeologiske forholdene må derfor kontinuerlig overvåkes og kontrolleres. Overvåkningsprogrammene må derfor omfatte kontroll av grunnvannstanden i myrområdet jf. vilkår 18 og 19.

Miljødirektoratet ser at det kan være grunn til å kreve overvåking i lang tid etter at tiltaket er gjennomført, men vil først ta stilling til dette etter en overvåkingsperiode på 3 år. Vi stiller derfor krav om at Vegvesenet 3 år etter endt tiltak sammenstiller overvåkingsresultater, evaluerer disse og foreslår et revidert overvåkingsprogram, jf. vilkår 31.

Vegvesenet har i sin søknad utarbeidet grenseverdier for spredning i anleggsfasen, men det er ikke spesifisert hvor grenseverdiene er gjeldene. Miljødirektoratet mener det er nødvendig at beredskapsplanen stedfester hvor grenseverdiene skal gjelde, samt hvor lenge eventuelt grenseverdiene kan overskrives før tiltak iverksettes.

Det er også viktig at det utvikles grenseverdier for driftsfasen etter at tiltaket er gjennomført. Det skal utformes grenseverdier for alle forbindelser som er av miljømessig betydning for tiltaket og inkluderer også forbindelser som indikerer at det er økt fare for forvitring av alunskifer.

Miljødirektoratet ser også behov for at Statens Vegvesen utarbeider en beredskapsplan for anleggs- og driftsfasen for å hindre, oppdage, stanse, fjerne virkningen av eventuelle, nevneverdige forurensninger som måtte oppstå, jf. vilkår 21.

#### *Forholdet til naturmangfoldloven*

Det er ikke foretatt miljøkartlegging av biologisk mangfold i tiltaksområdet.

Miljødirektoratet er ikke kjent med at vegprosjektet berører områder av særlig verneinteresse, inneholder sårbare arter, eller områder som er verdifulle for friluftslivet. Vi har derfor stilt krav om at Statens vegvesen skaffer seg en tilstrekkelig oversikt over dette for å unngå at slike områder blir nevneverdig skadelidende. Om nødvendig skal Vegvesenet iverksette avbøtende tiltak.

#### *Rapportering*

Etter endt tiltak skal Vegvesenet utarbeide en sluttrapport for tiltaket. Rapporten skal oppsummere det arbeidet som er gjort og hvordan skifermassen er disponert. Resultatene av overvåking i anleggsfasen. Sluttrapporten skal også inneholde et forslag til videre overvåking av området. Sluttrapporten skal sendes Miljødirektoratet senest 6 måneder etter at tiltakene er gjennomført.

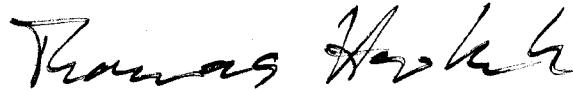
#### **Vedtak**

Miljødirektoratet gir med hjemmel i forurensningsloven §§ 11 jf. 16, Statens Vegvesen tillatelse til å gjennomføre tiltak i forurenset grunn og nyttiggjøre de utsprengte alunskifermasser til bruk i vegbyggingen ved bygging av ny Rv. 4 gjennom Hadeland. Tillatelsen er gitt på vilkår som fremkommer av vedlegg 1.

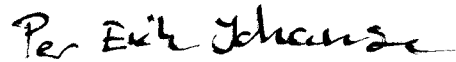
## Klage

Sakens parter kan klage vedtaket inn til Miljøverndepartementet innen tre uker etter at dette brevet er mottatt. Klagen skal begrunnes og sendes til Miljødirektoratet.

Hilsen  
Miljødirektoratet



Thomas Hartnik  
seksjonsleder



Per Erik Johansen  
rådgiver



## Rv. 4 gjennom Hadeland - Vilkår for tillatelsen

Vilkårene er gitt på grunnlag av opplysninger gitt i søknaden til Statens vegvesens og tilleggsopplysninger innhentet under behandlingen av søknaden.

Vilkårene forutsetter at andre nødvendige tillatelser etter annet lovverk er på plass.

### Generelt

1. Eventuelle endringer i tillatelsen som Vegvesenet ønsker å foreta og som kan ha miljømessig betydning, må på forhånd avklares skriftlig med Miljødirektoratet. Mindre endringer kan gjøres ved å gi en melding til Miljødirektoratet.
2. Miljødirektoratet kan oppheve eller endre vilkårene i tillatelsen eller sette nye vilkår, og om nødvendig kalle tillatelsen tilbake dersom vilkår gitt etter forurensningsloven § 18 er til stede (bl.a. dersom det viser seg at skaden eller ulempen ved forurensning blir vesentlig større eller annerledes enn ventet da tillatelse ble gitt). Miljødirektoratet har på samme grunnlag rett til, på et hvert tidspunkt, å stoppe arbeidet.
3. Dersom den ansvarlige for tiltakene skifter i den perioden tillatelsen gjelder for, skal melding sendes Miljødirektoratet. Det gjøres oppmerksom på at eierskifte kan utløse endringer i tillatelsen i samsvar med forurensningsloven § 18.
4. Dersom det viser seg at de omsøkte løsningene med de beskrevne miljøbeskyttende tiltak ikke virker som forutsatt i vilkårene, kan den ansvarlige bli pålagt umiddelbart å iverksette ytterligere tiltak.
5. Dersom virksomheten skal foreta en endring som gjør det mulig å motvirke forurensningene på en bedre måte enn da tillatelsen ble gitt, skal den ansvarlige på forhånd gi Miljødirektoratet melding om dette, jf. forurensningsloven § 19.
6. Det forutsettes at virksomheten etterkommer de yrkeshygieniske krav Arbeidstilsynet setter. Miljødirektoratets krav er ikke til hinder for at det med hjemmel i annen lovgivning kan stilles ytterligere krav til sikkerhet og arbeidsmiljø.
7. All forurensning fra tiltaket, herunder utslipp til luft og vann, samt støy og avfall, er isolert sett uønsket. Selv om utlippene holdes innenfor fastsatte utslippsgrenser, plikter Vegvesenet å redusere sine utslipp, herunder støy, så langt dette er mulig. Plikten omfatter også utslipp av komponenter det ikke er satt grenser for.
8. Søker skal ha oversikt over de helse- og miljømessige konsekvensene som kan bli berørt av tiltaket og sette opp en liste over sårbare arter av planter, dyr, naturtyper, verne- og friluftsområder som berøres av anlegget og hvilke avbøtende tiltak som kan bli utført for å bedre på ulempene tiltaket medfører.
9. Det skal iverksettes nødvendige tiltak for å kontrollere tilstrømning av oksygenrikt overflatevann til myra etter masseutskiftning med syredannende skifermasser, byggegrøp og tunneller både i anleggs- og driftsfasen.



10. Drensvann og overløp skal ikke spre forurensning av noen betydning ut av området i verken anleggs- eller driftsfasen.
11. Det skal gjennomført avbøtende tiltak der veibyggingen lager åpne skjæringer med alunskifer. Håndtering av drensvann fra tunellen og skjæringer skal gjennomføres på en slik måte at det tilfredsstiller øvrige krav til spredning fra tiltaksområdet.

#### **Massedisponering- og utskifting av myra**

12. De gunstige topografiske, hydrogeologiske og kjemiske vilkårene for bruk av myrområdet til disponering av alunskifer skal dokumenteres før syredannende alunskifer kan brukes til masseutskifting av myra. Det skal her særlig vurderes hvordan disse betingelsene kan opprettholdes samtidig som myrmasser fjernes og erstattes med skifer.
13. Det skal utarbeides en beredskapsplan for alternativ håndtering av massene etter utsprenning, dersom driftsstopp eller andre forhold hindrer disponering av massene i myra.
14. Masseutskifting ved bruk av alunskifer skal ikke overskride det volum som kreves utskiftet som følge av tekniske forhold ved vegbygging i myrområdet i samsvar med Vegvesenets retningslinjer for dette. Eventuelle syredannende overskuddsmasser skal leveres til godkjent avfallsmottak. Mengde og kvalitet skal rapporteres i sluttrapporten.
15. Alunskifermasser skal sorteres i syredannende og ikke-syredannende masser dersom behovet for masseutskifting er lavere enn mengden skifermasser som genereres. Til hjelp for dette arbeidet kan Vegvesenet bruke Miljødirektoratets foreløpige veileder "Identifisering og klassifisering av alunskifer".
16. Alle skifermasser med ukjent syrepotensial eller masser klassifisert som syredannende som mellomlagres, bør tildekkes slik at luft- og vanngjennomstrømning hindres. Statens vegvesen skal redegjøre for hvordan og i hvor lang tid de mest syredannende massene kan mellomlagres.
17. Syredannende masser disponert i myra skal legges slik at risiko for syredannelse reduseres maksimalt og uakseptabel spredning av forurensning fra myra til omgivelsene hindres.
18. Det skal føres kontroll med mengde og kvalitet av det vannet som strømmer inn og ut av myrområdet. Nivået skal overvåkes og kontrolleres på permanent basis. Dette skal inngå i overvåkningsprogrammet, se vilkår 27.
19. Det skal utføres en sårbarhetsanalyse som inkluderer faktorer og inngrep som kan føre til en endring av de hydrogeologiske forholdene i myrområdet. Vegvesenet skal også redegjøre for hvordan gunstige miljøforhold som hindre forvitring av alunskifer, skal sikres i fremtiden.

### **Kontroll og beredskap**

20. Vegvesenet plikter i.h.t. internkontrollforskriften å ha et internkontrollsystem som skal sikre at kravene i denne tillatelse, og gjeldende forskrifter overholdes. Dette omfatter bl.a. rutiner for håndtering av diffuse og akutte utslipp.
21. Vegvesenet skal sørge for å ha en nødvendig beredskap for å hindre, oppdage, stanse, fjerne og begrense virkningen av akutt forurensning for all virksomhet, jf. Forurensningsloven § 40. Beredskapen skal stå i et rimelig forhold til sannsynligheten for akutt forurensning og omfanget av skadene og ulempene som kan inntreffe. Beredskapsplikten inkluderer også utstyr og kompetanse til å fjerne og begrense virkningen av forurensningen.
22. Det skal utføres en vurdering av helse- og miljøproblemer som kan oppstå under gjennomføringen av tiltakene, inkludert en vurdering av om gjennomføringen av tiltakene kan medføre økt forurensning til/fra naboeiendommene og økt spredning av forurensning. Basert på denne vurderingen skal det lages en plan for aktuelle avbøtende tiltak for blant annet støy og støvutslipp. De avbøtende tiltakene skal redusere faren for at det oppstår spredning av forurensninger og/eller helseeffekter under anleggsarbeidet. Tiltaksplanen er et godt utgangspunkt for dette arbeidet. Detaljerte planer for avbøtende tiltak skal oversendes Miljødirektoratet snarest mulig.
23. Det skal utarbeides grenseverdier for anleggs- og driftsfasen. Grenseverdier skal utformes for alle forbindelser og forhold som er av miljømessig betydning for tiltaket og inkluderer også forbindelser og forhold som indikerer at det er økt fare for forvitring av alunskifer.
24. Ved akutt forurensning eller fare for akutt forurensning som følge av virksomheten, skal den ansvarlige straks varsle brannvesenet i.h.t. Forskrift om varsling av akutt forurensning eller fare for akutt forurensning.
25. Anleggsarbeidet skal følges opp i felten av miljøgeolog eller kontrollingeniør.
26. Anleggsområdet skal ikke være tilgjengelig for allmennheten, og holdes inngjerdet og låst.
27. Miljødirektoratet skal til enhver tid ha adgang til anlegget for inspeksjon.
28. Det skal foreligge beredskapsplaner for hvordan alunskiferen skal håndteres dersom opprinnelig plan ikke kan følges. Disse skal sendes Miljødirektoratet før utlegging av skifermassen starter.

### **Overvåking og rapportering**

29. Før anleggsstart skal Vegvesenet utarbeide et overvåkingsprogram for tiltaksfasen. Overvåkingsprogrammet skal dokumentere plasseringen av prøvepunkter, valg av parametere, metode og hyppighet på prøvetakningen.
30. Eventuelle uønskede hendelser skal rapporteres til Miljødirektoratet snarest mulig.
31. Senest 6 måneder etter at anleggsarbeidene er avsluttet skal det sendes inn en sluttrapport til Miljødirektoratet. Rapporten skal beskrive det arbeid og de tiltak

som er gjennomført og de resultater som er oppnådd, resultatene fra overvåking i tiltaksfasen, samt et forslag til videre overvåkingsprogram for driftsfasen. Levering av eventuelt farlig avfall skal dokumenteres. Bruk og disponering av syreholdig alunskifer skal beskrives.

32. Etter en overvåkingsperiode på 3 år skal det utarbeides en evalueringsrapport. Rapporten skal sammenstille resultatene fra overvåkingen og inneholde et forslag for videre overvåking.



## Statens vegvesen

Miljødirektoratet  
Postboks 5672, Sluppen  
7485 TRONDHEIM

Behandlende enhet:  
Region øst

Saksbehandler/innvalgsnr:  
Live Hesthagen - 24058083

Vår referanse:  
2010/164703-203

Deres referanse:

Vår dato:  
02.12.2013

### **Tillatelse til graving i alunskifer og bruk av alunskifermasser til oppbygging av veg - svar på vilkår i brev datert 27. september 2013**

Det vises til brev datert 27. september samt møte hos Miljødirektoratet 24. oktober 2013. I brevet er det gitt tillatelse for bruk av alunskifermasser til utskifting av myrmasse i forbindelse med bygging av ny rv. 4 i Gran kommune, såfremt 32 beskrevne vilkår er oppfylt. Innholdet i vilkårene, samt hvordan Statens vegvesen skal besvare disse, ble drøftet i møtet med Miljødirektoratet den 24. oktober.

Vilkårene er besvart fortløpende i dette brevet. For mange av vilkårene vil det også henvises til utdypende svar i vedlegg.

#### **Generelt**

##### Vilkår 1:

*Eventuelle endringer i tillatelsen som Vegvesenet ønsker å foreta og som kan ha miljømessig betydning, må på forhånd avklares skriftlig med Miljødirektoratet. Mindre endringer kan gjøres ved å gi en melding til Miljødirektoratet.*

Svar: Tas til etterretning

##### Vilkår 2:

*Miljødirektoratet kan oppheve eller endre vilkårene i tillatelsen eller sette nye vilkår, og om nødvendig kalle tillatelsen tilbake dersom vilkår gitt etter forurensningsloven § 18 er tiltede (bl.a. dersom det viser seg at skaden eller ulempen ved forurensning blir vesentlig større eller annerledes enn ventet da tillatelsen ble gitt). Miljødirektoratet har på samme grunnlag rett til, på et hvert tidspunkt, å stoppe arbeidet.*

Svar: Tas til etterretning

##### Vilkår 3:

*Dersom den ansvarlige for tiltakene skifter i den perioden tillatelsen gjelder for, skal melding sendes Miljødirektoratet. Det gjøres oppmerksom på at eierskifte kan utløse endringer i tillatelsen i samsvar med forurensningslovens § 18.*

Svar: Tas til etterretning

Postadresse  
Statens vegvesen  
Region øst  
Postboks 1010  
2605 Lillehammer

Telefon: 02030  
Telefaks: 61 25 74 80  
firmapost-ost@vegvesen.no  
Org.nr: 971032081

Kontoradresse  
Østensjøveien 34  
0667 OSLO

Fakturaadresse  
Statens vegvesen  
Regnskap  
Båtsfjordveien 18  
9815 VADSØ  
Telefon: 78 94 15 50  
Telefaks: 78 95 33 52

**Vilkår 4:**

*Dersom det viser seg at de omsøkte løsningene med de beskrevne miljøbeskyttende tiltak ikke virker som forutsatt i vilkårene, kan den ansvarlige bli pålagt umiddelbart å iverksette ytterligere tiltak.*

Svar: Tas til etterretning

**Vilkår 5:**

*Dersom virksomheten skal foreta en endring som gjør det mulig å motvirke forurensningene på en bedre måte enn da tillatelsen ble gitt, skal den ansvarlige på forhånd gi Miljødirektoratet melding om dette, jfr. forurensningslovens § 19.*

Svar: Tas til etterretning

**Vilkår 6:**

*Det forutsettes at virksomheten etterkommer de yrkeshygieniske krav Arbeidstilsynet setter. Miljødirektoratets krav er ikke til hinder for at det med hjemmel i annen lovgivning kan stilles ytterligere krav til sikkerhet og arbeidsmiljø.*

Svar: Vegvesenet anser at vårt eksisterende interne regelverk, interne prosedyrer og krav til planer for Ytre miljø samt Sikkerhet, helse og arbeidsmiljø ivaretar dette. Vilkåret tas til etterretning.

**Vilkår 7:**

*All forurensning fra tiltaket, herunder utslipp til luft og vann, samt støy og avfall, er isolert sett uønsket. Selv om utslippene holdes innenfor fastsatte utslippsgrenser, plikter Vegvesenet å redusere sine utslipp, herunder støy, så langt dette er mulig. Plikten omfatter også utslipp av komponenter det ikke er satt grenser for.*

Svar: Statens vegvesen tar vilkåret til etterretning og mener dette ivaretas av våre eksisterende prosedyrer for prosjektgjennomføring og planene for Ytre miljø samt Sikkerhet-, helse og arbeidsmiljø.

**Vilkår 8:**

*Søker skal ha oversikt over de helse- og miljømessige konsekvensene som kan bli berørt av tiltaket og sette opp en liste over sårbare arter av planter og dyr, naturtyper, verne- og friluftsområder som berøres av anlegget og hvilke avbøtende tiltak som kan bli utført for å bedre på ulempene tiltaket medfører.*

Svar: Gjennom den vanlige plangangen er kartlegging av naturverdiene gjennomført i flere omganger. Det er utført overordnet kartlegging i forbindelse med konsekvensutredningen til kommunedelplanen (2002) og en mer områdespesifikk kartlegging er utført i arbeidet med reguleringsplanen (2007). I tillegg er tilgjengelige baser gjennomgått (Naturbase, Artsdatabanken). I byggeplanfasen er gjort noe supplerende kartleggingsarbeid, spesielt knyttet til vannkvalitet i Vigga og andre bekker i området samt hydrologiske undersøkelser i området hvor det er planlagt masseutskifting av myrmasser. Alt dette kartleggingsarbeidet danner grunnlaget for utarbeidelse av prosjektets YM-plan.

YM-planen samler alle krav innenfor ytre miljø-temaene og fastsetter kravene Vegvesenet stiller til entreprenør under anleggsfasen. YM-planen består av 10 miljøtema; støy, luftforurensning, vibrasjoner, forurensning av jord og vann, landskapsbilde/bybilde, nærmiljø/friluftsliv, naturmiljø, kulturmiljø, energibruk, materialvalg/avfallshåndtering. Entreprenør skal konkretisere kravene fra Vegvesenets YM-plan i sin Miljøoppfølgingsplan.

For å tydeliggjøre våre krav og begrensninger, er det viktigste fra tidligere registreringer og kravene i YM-planen også konkretisert og kartfestet i en rigg- og marksikringsplan. Denne planen vil være et sentralt verktøy for entreprenøren under anleggsfasen.

Vedlegg: Statens vegvesens YM-plan og Rigg- og marksikringsplan. Entreprenørs miljøoppfølgingsplan kan ettersendes hvis ønskelig.

#### Vilkår 9:

*Det skal iverksettes nødvendige tiltak for å kontrollere tilstrømning av oksygenrikt overflatevann til myra etter masseutskifting med syredannende skifermasser, byggegrop og tunneler både i anleggs- og driftsfasen.*

Svar: I driftsfasen vil tilstrømning av oksygenrikt overflatevann til myra etter masseutskifting ivaretas ved at det legges tette masser og en membran over de utlagte alunskifermassene. Det vil være minimum 5 m fra overflaten til toppen av de utlagte massene. Langs hele membranen legges drenering. Det vil bli lagt stor vekt på å unngå punktering av membranen bl.a ved nedsetting av midtdeler, rekkverk og vegbelysning. Membranen skal legges med et minimums fall på 100:1, tilsvarende fall på dreneringen rundt. Her skal det benyttes topp-slissede rør, dvs. rør som er perforerte i øvre halvdel og tette i nedre. Drensrøret skal ha utløp i en infiltrasjonskum med tilstrekkelig kapasitet og som ligger såpass langt unna at infiltrasjon tilbake til de utlagte massene ikke er mulig. Utløpsrørene må sprenges ned i fjell for å sikre nødvendig fall.

Tiltak for å begrense tilstrømning av oksygenrikt vann i anleggsfasen er bortledning av en flombekk og forbud mot lagring av snø i området. Alunskifer som må mellomlagres over grunnvannstand skal dekkes til med vanntett duk/presenning og kalkgrus.

Gjennom hele anlegget vil det tas vannprøver i bekker og i grunnvannsbrønner. Etter hvert som masseutskiftingen går fremover vil brønnene som ble benyttet under pumpetesten saneres. Disse vil erstattes av nye brønner som etableres etter at veganlegg og drengløsninger er ferdigstilt.

Tilstrømning av oksygenrikt overflatevann inn i tunneler vil være en begrenset problemstilling. Vann som brukes under anlegget inne i tunnelene blir tatt hånd om av rensesystemet for tunnelene. I driftsfasen kan det komme inn oksygenrikt overflatevann fra snø på biler, men dette vil ikke utgjøre store mengder. Tunnelvann i driftsfasen blir tatt hånd om av dreneringssystemet og ledes vekk fra området.

Vedlegg: Tiltaksplan Hydrologi, Overvåkningsprogram, Kjemiske forhold i masselager og ved mellomlagring.

#### Vilkår 10:

*Drensvann og overløp skal ikke spre forurensning av noen betydning ut av området i verken anleggs- eller driftsfasen.*

Svar: I driftsfasen vil ikke spredning av forurensning fra drensvann og overløp være en problemstilling da alunskifermassene ligger godt tildekket minst 5 m under overflaten. Det vil ikke være drensvann eller overløp i kontakt med alunskifer. Vann som strømmer gjennom de utlagte massene er grunnvann i fjell. Dette vannet vil blande seg med annet fjellvann, som også er påvirket av omkringliggende fjellmassiv. Fjellvannet har lang oppholdstid og er derfor oksygenfattig.

I anleggsfasen legges alunskifermassene ut neddykket i mindre seksjoner. Jordmasser (silt, leire, torv) som har vært i kontakt med alunskifer legges på eget område oppstrøms for avrenning slik at vannet renner tilbake til myrområdet (se figur 6 i Tiltaksplan Hydrologi).

Hvis en senkning av grunnvannstand blir nødvendig for å komprimere massene, vil vann som har vært i kontakt med alunskifer analyseres og behandles tilsvarende dreinsvann fra tunnel.

Vedlegg: Tiltaksplan Hydrologi, Kjemiske forhold i masselager og ved mellomlagring.

Vilkår 11:

*Det skal gjennomføres avbøtende tiltak der vegbyggingen lager åpne skjæringer med alunskifer. Håndtering av dreinsvann fra tunnelen og skjæringer skal gjennomføres på en slik måte at det tilfredsstillende øvrige krav til spredning fra tiltaksområdet.*

Svar: Statens vegvesen vil i utgangspunktet analysere alunskifer i skjeringar med handheldt XRF for innhald av tungmetall, inklusive uran, samt svovel og kalsium. Vi vil også undersøke bergartane med tanke på forvitringstilstand. XRF analysar vil ligge føre suksessivt etterkvart som skjeringane blir sprengt ut, på same måten som for tunnelsprenging. Alunskifer og svartskifer frå vegskjeringar skal klassifiserast etter system dokumentert under Vilkår 15.

Det vil generelt vere stor vekt på finstoff danna frå alunskifer. Fokuset er likevel først og fremst på forvittra alunskifer i forskjeringane ved nordre tunnel påhogg for Grantunnelen, samt to store vegskjeringar ved Nordtangen. Ein reknar med stor grad av nedknusing av alunskifer under anlegget, fordi dette er ein mekanisk svak bergart. Anleggsteknisk er det ikkje råd å samle opp alt finstoff. Derfor ønsker Statens vegvesen å kalke på tidlegast muleg tidspunkt, fordi dette både bidrar til pH-buffring og binding av tungmetall (A.S. Jeng Acta Agric. Scand., Sect. B, Soil and Plant Sci. 42: 76-87, 1992). Dosering av kalk vil sjåast i lys av lokale variasjonar i alunskifer, med stort fokus på å identifisere lokalitetar med alunskiferen som inneheld mykje svovel og tungmetall og lite kalsium (låg bufferevne). I tillegg til bruk av handheldt XRF tar vi også sikte på å teste Ca-førande alunskifer med saltsyre, som bruser når det er CaCO<sub>3</sub> til stades (= bufferevne). Dersom det ikkje bruser betyr det at Ca-totalt målt med XRF ikkje representerer nemneverdig buffer, og dermed vil krevje utstrakt kalking.

Det vil generelt vere aktuelt å kalke i vegskråningar, terreng, i førebels og permanente dren og etablerte grøfter. Rennande vatn i kontakt med alunskifer-finstoff blir analysert kjemisk *ad hoc* (for eksempel ved regnskyll) slik at ein kan følgje med i utviklinga og motverke uheldige effektar. Det er elles etablert permanente lokalitetar for prøvetaking av vatn i bekk nedstrøms nordre påhogg og bekk i søkket mellom dei to vegskjeringane ved Nordtangen (oppstrøms og nedstrøms).

Grenseverdier for vatn som sleppast ut til resipient er dei same i utsleppstillatelsen for Grantunnelen

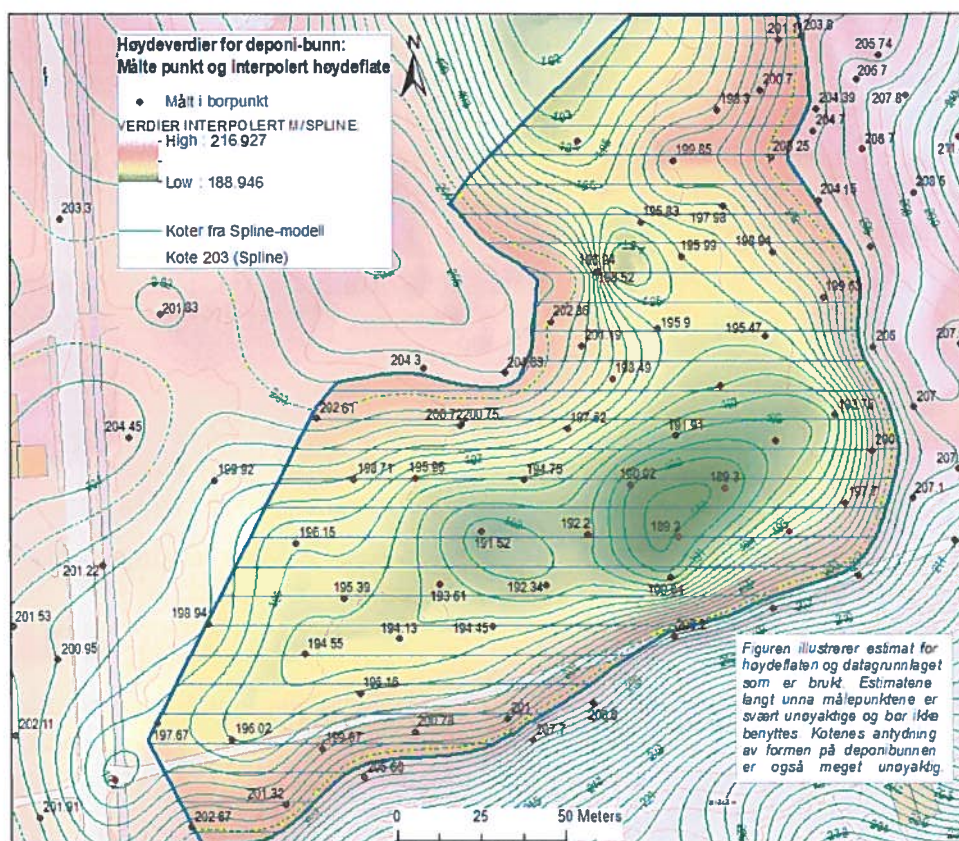
Vedlegg: Beredskapsplan for håndtering av alunskifer, Utslippstillatelse for Grantunnelen (Fylkesmannen, 19.11.2013), Grunnlag for interne grenseverdier i lys av geokjemisk statistikk og utlekkingsstestar, Overvåkningsprogram

### **Massedisponering og utskifting av myra**

Vilkår 12:

*De gunstige topografiske, hydrogeologiske og kjemiske vilkårene for bruk av myrområdet til disponering av alunskifer skal dokumenteres før syredannende alunskifer kan brukes til masseutskifting av myra. Det skal her særlig vurderes hvordan disse betingelsene kan opprettholdes samtidig som myrmasser fjernes og erstattes med skifer.*

Svar: Topografien er dokumentert gjennom grunnundersøkelser (dreietrykk- og totalsonderinger) til fjell og faste lag. På bakgrunn av disse er det laget en modell av bunn-topografien ved hjelp av interpolasjonsmetoden Splines.



For å dokumentere de hydrologiske egenskapene til myra ble det i perioden 11. mars til 27. juni 2013 gjennomført flere pumpeforsøk der 10 av grunnvannsbrønnene i myrområdet ble kontinuerlig overvåket. I alt ble det prøvempet fra fire ulike brønner med filter plassert i hhv. fjell, torvmyr og i en mindre sandlomme i torv. Resultatene fra pumpeforsøkene er dokumentert i eget notat, se vedlegg 1 til Tiltaksplan Hydrologi. Pumpetestene ble supplert med målinger av Eh – pH og elektrisk ledningsevne. I tillegg ble det tatt vannprøver som ble analysert på totalkjemi.

På bakgrunn av disse undersøkelsene og tidligere målinger av grunnvannstand ble det bestemt at det ikke skal legges ut potensielt syredannede masser over kote 203. Det ble samtidig bekreftet at det er gunstige forhold for deponering, bl.a. ved at løsmassene i og rundt området har lav hydraulisk konduktivitet. I fjell og morenelag er derimot konduktiviteten relativ høy. Men, på grunn av lang oppholdstid i fjell er dette vannet oksygenfattig. Det er dette vannet som vil fylle deponiet og sørge for at de deponerte massene ligger neddykket (se vedlegg i Tiltaksplan Hydrologi om resultater fra pumpetest på Gran).

For å opprettholde gunstige betingelser etter at myrmasser erstattes med alunskifermasser er det et ønske å få så like forhold som mulig før og etter utlegging. Massene som fjernes er tette, dvs. at alunskifermassene må komprimeres eller legges ut slik at den hydrauliske konduktiviteten gjennom de utlagte massene blir så lav om praktisk mulig. For å undersøke effekten av masseutskiftningen er vi i ferd med å utvikle en strømningsmodell for hele nedbørsfeltet (se svar under vilkår 19).

Hvis de utlagte massene blir mer åpne enn dagens masser kan det føre til at et større vannvolum strømmer inn/ut av området gjennom året som en følge av naturlige svingninger i grunnvannsnivået. Volumøkningen vil tilsvare økningen i porøsitet. Dette er vann som



kommer inn – og går ut av området via sprekker i fjellet. Vann som kommer inn i fjellsprekker vil blandes med annet grunnvann med lang oppholdstid i løsmasser/fjell. Alunskifer er på deler av Hadeland svært utbredt, det er derfor en fordel at massene legges i et nedbørsfelt hvor alunskifer er en naturlig del av berggrunnen. I områder med alunskifer er naturen tilpasset avrenning fra forvitring fra alunskifer. En påvirkning på grunnvannet fra de utlagte alunskifermassene vil ha mindre konsekvenser for miljøet i et nedbørsfelt som allerede er eksponert for stoffer fra naturlig forvitring av alunskifer enn i et nedbørsfelt hvor alunskifer ikke er en del av berggrunnen.

Vedlegg: Tiltaksplan Hydrologi, Grunnlag for interne grenseverdier i lys av geokjemisk statistikk og utlekkingsstestar, Kjemiske forhold i masselager og ved mellomagring, Overvåkningsprogram.

#### Vilkår 13:

*Det skal utarbeides en beredskapsplan for alternativ håndtering av massene etter utspregning, dersom driftsstopp eller andre forhold hindrer disponering av massene i myra.*

Svar: Det vises til Beredskapsplan for håndtering av alunskifermasser. For rensing av vann som har vært i kontakt med alunskifer, vises det til svar under vilkår 10.

#### Vilkår 14:

*Masseutskiftning ved bruk av alunskifer skal ikke overskride det volum som kreves utskiftet som følge av tekniske forhold ved vegbygging i myrområdet i samsvar med Vegvesenets retningslinjer for dette. Eventuelle syredannende overskuddsmasser skal leveres til godkjent avfallsmottak. Mengde og kvalitet skal rapporteres i sluttrapporten.*

Svar: I møte hos Miljødirektoratet 24. oktober ble det gitt en gjennomgang av hvordan Statens vegvesen ønsker å gjennomføre selve masse utskiftningen. De massene som skal fjernes er stedvis svært bløte noe som indikerer lav stabilitet av graveskråninger og lav bæreevne. For å redusere fremtidige setninger på veien er det viktig at alle torvmasser fjernes og så mye som mulig av leire og silt. Det siste vil redusere behovet for forbelastning av veien. Selve masseutskiftningen vil skje ved hjelp av utgravning, fortregning og eventuelt fortregning ved hjelp av sprengning.

Entreprenør (NCC) disponerer en gravemaskin med 30 m rekkevidde og masseutskiftingen skal derfor så langt det er mulig baseres på utgravning fra faste masser/fjell. Det skal gjennomføres en seksjonsvis utgravning og tilbakefylling der valg av seksjonslengder er basert på vurderinger av stabilitetsforholdene i de stedlige massene. Ved å grave langs fjellflaten vil det hele tiden være et stabilt, sammenhengende lag av friksjonsmasser, slik at en kun trenger å sikre fyllingsfronten. Når dybden til fast grunn blir så stor at det ikke lenger kan garanteres en sikker arbeidsplattform for utgravning, vil en gå over til fortregning av de bløte leirmassene.

Fortregning gjennomføres ved at man bygger opp en viss fyllingshøyde (3–4 m) slik at tyngden av fyllmassene tvinger frem et grunnbrudd i de siltige massene foran fyllingsfronten. Hvis pålastningen alene ikke er nok til å utløse grunnbrudd og/eller at man ikke klarer å bygge opp en høy nok fyllingsfront (fordi alunskifermassene er nedknust), vil en foreta sprengning i de siltige massene, slik at dette utløser fortregningen. Statens vegvesen har flere referanseprosjekter der en slik teknikk har vært brukt, se også vår Håndbok nr. 274 «Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger» (finnes på [www.vegvesen.no](http://www.vegvesen.no)).

En gradvis fallende fjellflate er gunstig for å gjennomføre en fortregning. Statens vegvesen ønsker derfor at masseutskiftingen starter fra fast fjell langs sør- og østsiden av planlagt masselager. Dette området ligger litt utenfor fremtidig vegbane. Hvis man kun skal begrense seg til området rett under vegbanen (med en fyllingsskråning på 2:1) vil det føre til at man

isteden må fylle ut fra to sider av ny veg for å utnytte en fallende fjelltopografi. Det er ikke mulig å gjennomføre en fortregning i «motbakke». En fortregningsjobb er utfordrende da en ønsker å fremtvinge et grunnbrudd i de massene som skal fortregnes. Dette medfører at sikkerhet er svært sentralt under hele anleggsperioden. På møtet i Miljødirektoratet var det enighet om at tross økt masseutskifting og arealkrav, var det viktig at Statens vegvesen får benytte det området som er nødvendig for å gjennomføre en sikker masseutskifting.

Vedlegg: Tiltaksplan Hydrologi

Vilkår 15:

*Alunskifermasser skal sorteres i syredannende og ikke-syredannende masser dersom behovet for masseutskifting er lavere enn mengden skifermasser som genereres. Til hjelp for dette arbeidet kan Vegvesenet bruke Miljødirektoratets foreløpige veileder «Identifisering og klassifisering av alunskifer».*

Svar: I samband med ny Rv 4 Gran grense – Jaren legg Statens vegvesen stor vekt på gode og systematiske rutiner for klassifisering av bergarter. Det er generelt viktig å merke seg at:

- Alunskiferformasjonen og svartskifer frå Tøyenformasjonen (Galgebergledet) er potensielt syredannende, men er ikkje syredannende dersom dei blir handterte på riktig/optimal måte.
- Det leggst stor vekt på handtere utsprengt masse slik at ein unngår oksidasjon av sulfid (pyritt m.m.) i desse bergartane, då dette vil føre til forsuring og akselerert utlekking av tungmetall.
- Statens vegvesen har etablert interne grenseverdier for totalt innhald av svovel og tungmetall, som grunnlag for riktig klassifisering/sortering av kvar enkelt tunnelsalve (same system også for sprenging av vegskjeringar mm).
- Syrepotensialet vurderast i lys av Ca og S, samt etter NGI sitt system.
- Klassifisering vil normalt vere avklara i samband med boring før sprenging, ved hjelp av handheldt XRF.

Statens vegvesen legg derfor stor vekt på og oppretthalde ein nøytral pH i vatn i kontakt med alunskifer og svartskiferen frå Tøyenformasjonen (Galgebergledet). Det er etablert interne grenseverdier for å klassifisere ulike bergartar. Bakgrunnsstoffet for Statens vegvesen si klassifisering og sortering er:

- NGI sitt system for geokjemisk klassifisering av den Kambrosiluriske lagrekka (litologisk og geokjemisk stratigrafi), inklusive 108 geokjemiske analysar av prøver frå Gran.
- Utlekkingstestar (tungmetall, uran m.m.) utført på 18 typiske prøver (Statens vegvesen/NORWAT og UMB).
- Mineralidentifikasjon ved røntgendiffraksjon (XRD) utført på 15 typiske prøver (Statens vegvesen/Naturhistorisk Museum)
- Geologiske kartlegging/registrering (fokusområder)

Fleire kontrollingeniørar vil bruke XRF, og ein person vil til ei kvar tid vere ansvarleg for vedlikehald og riktig bruk av instrumentet. Kontrollingeniørane får også opplæring om dei spesielle bergartane på Gran av geologar frå NGI og Statens vegvesen.

Vedlegg: Grunnlag for interne grenseverdier i lys av geokjemisk statistikk og utlekkingstestar

## Vilkår 16:

*Alle skifermasser med ukjent syrepotensial eller masser klassifisert som syredannende som mellomlagres, bør tildekkes slik at luft- og vanngjennomstrømning hindres. Statens vegvesen skal redegjøre for hvordan og i hvor lang tid de mest syredannende massene kan mellomlagres.*

Svar: Massene som mellomlagres vil tildekkes med vanntett duk/presenning, men vi anser det som vanskelig å unngå lufttilgang i de øvre massene. Basert på utlekkingsforsøk vurderer Statens vegvesen det slik at ved mellomlagring opptil maksimalt 14 dager, sannsynligvis under en uke, vil det være tilstrekkelig med denne type tildekking. Det vises til behandling av avrenning fra myrområdet i Beredskapsplan for håndtering av alunskifer under vilkår 13. Mellomlagring vil alltid skje ved lagerområdet for alunskifer. Når det gjelder utsprenging av alunskifer fra vegskjæringene i nord vil en være spesielt oppmerksom på at kapasiteten i lagerområdet til en hver tid er tilstrekkelig.

Vedlegg Grunnlag for interne grenseverdier i lys av geokjemisk statistikk og utlekkingsstestar, Kjemiske forhold i masselager og ved mellomlagring.

## Vilkår 17:

*Syredannende masser disponert i myra skal legges slik at risiko for syredannelse reduseres maksimalt og uakseptabel spredning av forurensning fra myra til omgivelsene hindres.*

Svar: Det vises til tiltaksplan Hydrologi. Vilkåret tas til etterretning.

## Vilkår 18:

*Det skal føres kontroll med mengde og kvalitet av det vannet som strømmer inn og ut av myrområdet. Nivået skal overvåkes og kontrolleres på permanent basis. Dette skal inngå i overvåkningsprogrammet, se vilkår 27.*

Svar: Området blir i dag overvåket via brønnene som ble benyttet under pumpeforsøket. Disse blir sanert etter hvert som utleggingen pågår. Fire brønner er plassert rundt området oppstrøms og nedstrøms, disse skal følges opp under anlegg og senere driftsfasen. I tillegg skal det etableres to dypere fjellbrønner nedstrøms myrområdet. Plasseringen er valgt, men på grunn av anleggsaktivitet vil selve brønnene bli satt ut noe senere slik at disse ikke blir ødelagt/står i vegen for anlegget. Brønnene vil ha filter i ulike nivå slik at man kan skille mellom vann i øvre og nedre fjell-lag.

Alle brønner vil bli utstyrt med en «diver» for måling av grunnvannsnivå, temperatur, pH og konduktivitet. Det vil også bli tatt vannprøver manuelt for en total analyse av kjemi. Måledata samles i et felles webhotell for prosjektet. Måle- og prøvfrekvens i driftsfasen vil avhenge av årstid (færre i vinterhalvåret, flere om våren og høsten) og meteorologiske data. Diveren utstyres med solcellepanel og batterier for en fremtidig permanent oppfølging.

Vedlegg: Tiltaksplan Hydrologi og Overvåkningsprogram

## Vilkår 19:

*Det skal utføres en sårbarhetsanalyse som inkluderer faktorer og inngrep som kan føre til en endring av de hydrogeologiske forholdene i myrområdet. Vegvesenet skal også redegjøre for hvordan gunstige miljøforhold som hindrer forvitring av alunskifer, skal sikres i fremtiden.*

Svar: Det er utarbeidet en ROS-analyse, revidert november 2013, hvor mulige uønskede hendelser og avbøtende tiltak er identifisert.

For å sikre gunstige miljøforhold i framtiden og forhindre framtidig forvitring av de utlagte massene, vises det til svar under vilkårene 9, 10, 12 og Tiltaksplan Hydrologi. I tillegg er det utarbeidet en strømningsmodell for området. Hensikten med modellen er i første rekke å:

- Beregne endringer i forhold til bakgrunnsverdier.
- Vurdere best mulig lokalisering av overvåkningsbrønner.
- Systematisere og tolke overvåkningsdata.
- Optimalisere kost/nytte faktorer.

En strømningsmodell er et verktøy som kan brukes til å svare på spørsmål om hva som kan skje hvis spesifikke forhold inntreffer. Derfor er det også viktig at en strømningsmodell kan oppdateres dersom ny informasjon framkommer underveis i prosjektet. Dette gjelder både forhold knyttet til vannbalansen og geokjemiske reaksjoner.

I tillegg vil en vurdere type beplantning som kan påvirke forholdene omkring masselageret, spesielt for å unngå at rotutvikling kan føre til skade på membran/dren slik at oksygenrikt vann trenger ned i alunskiferen.

Vedlegg: Revidert ROS-analyse. Tiltaksplan Hydrologi.

### **Kontroll og beredskap**

Vilkår 20:

*Vegvesenet plikter iht. internkontrollforskriften å ha et internkontrollsystem som skal sikre at kravene i denne tillatelse, og gjeldende forskrifter overholdes. Dette omfatter bl.a. rutiner for håndtering av diffuse og akutte utslipp.*

Svar: Vegvesenet anser at vårt eksisterende interne regelverk ivaretar dette. For diffuse utslipp vises det til svar under vilkår 11. Vilkåret tas til etterretning.

Vilkår 21:

*Vegvesenet skal sørge for å ha en nødvendig beredskap for å hindre, oppdage, stanse, fjerne og begrense virkningen av akutt forurensning for all virksomhet, jf. Forurensningsloven § 40. Beredskapen skal stå i et rimelig forhold til sannsynligheten for akutt forurensning og omfanget av skadene og ulempene som kan inntreffe. Beredskapsplikten inkluderer også utstyr og kompetanse til å fjerne og begrense virkningen av forurensningen.*

Svar: Statens vegvesen har tilgjengelig kompetanse og vil overvåke forurensningssituasjonen i området; både akutt og langsiktig. Fjerning og begrensnings av virkning av forurensning gjennomføres som beskrevet tidligere og i Beredskapsplan for håndtering av alunskifer.

Vilkår 22:

*Det skal utføres en vurdering av helse- og miljøproblemer som kan oppstå under gjennomføringen av tiltakene, inkludert en vurdering av om gjennomføringen av tiltakene kan medføre økt forurensning til/fra naboeiendommene og økt spredning av forurensning. Basert på denne vurderingen skal det lages en plan for aktuelle avbøtende tiltak for blant annet støv og støvutslipp. De avbøtende tiltakene skal redusere faren for at det oppstår spredning av forurensninger og/eller helseeffekter under anleggsarbeidet. Tiltaksplanen er et godt utgangspunkt for dette arbeidet. Detaljerte planer for avbøtende tiltak skal oversendes Miljødirektoratet snarest mulig.*

Svar: Statens vegvesen tar vilkåret til etterretning og mener dette ivaretas av våre eksisterende prosedyrer for prosjektgjennomføring og planene for Ytre miljø samt Sikkerhet-, helse og arbeidsmiljø. Det vises også til vedleggene revidert ROS-analyse og Beredskapsplan for håndtering av alunskifer.

**Vilkår 23:**

*Det skal utarbeides grenseverdier for anleggs- og driftsfasen. Grenseverdier skal utformes for alle forbindelser og forhold som er av miljømessig betydning for tiltaket og inkluderer også forbindelser og forhold som indikerer at det er økt fare for forvitring av alunskifer.*

Svar: Statens vegvesen har utarbeidd grenseverdier i utsleppsknuden til Fylkesmannen, og utsleppsløyve er gitt for anleggs og driftsfasen for Grantunnelen. Fylkesmannen gir grenseverdier for pH, olje, suspendert stoff, ammoniakk (i anleggsfasen), fosfor og fleire tungmetall. For tungmetall legg Fylkesmannen til grunn Klasse III (MAC-EQS) i anleggsfasen og Klasse II (AA-EQS) for driftsfasen. Det er ikkje gitt grenseverdier for sulfat. Statens vegvesen vil også legge til grunn dei same grenseverdiane for avrenning frå veg i dagen og i samband med masseutskifting med alunskifer. I driftsfasen siktar Vegvesenet mot å senke konsentrasjonane i utsleppa ned til «før-verdier».

Fylkesmannen legg til grunn at reinsa tunnelvatn skal målast kontinuerleg for temperatur, pH og turbiditet, og at det blir tatt 1 vekeblandprøve pr. måned som omfattar olje, suspendert stoff, ammonium, totalt nitrogen og totalt fosfor. Det skal samstundes analyserast for metalla, samt polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH).

Statens vegvesen vil likevel analysere for fleire parametarar i vatn enn det som er kravd av Fylkesmannen. Eksempelvis er det i samband med inngrep i alunskiferområde ekstremt nødvendig å analysere for jern, sulfat og alkalinitet. Dette er viktig for å avdekke tidlege teikn på sulfidoksidasjon og redusert bufferkapasitet. Dei fleste av desse parameterane er også analyserte i prosjekteringsfasen, og er nyttige for å avdekke endringar på grunn av anleggsdrifta.

Vedlegg: Utslippstillatelse for Grantunnelen, Grunnlag for interne grenseverdier i lys av geokjemisk statistikk og utlekkingstestar, Overvåkningsprogram

**Vilkår 24:**

*Ved akutt forurensning eller fare for akutt forurensning som følge av virksomheten, skal den ansvarlige straks varsle brannvesenet iht. Forskrift om varsling av akutt forurensning eller fare for akutt forurensning.*

Svar: Det vises til Beredkapsplan for håndtering av alunskifer.

**Vilkår 25:**

*Anleggsarbeidet skal følges opp i felten av miljøgeolog eller kontrollingeniør.*

Svar: Tas til etterretning.

**Vilkår 26:**

*Anleggsområdet skal ikke være tilgjengelig for allmennheten, og holdes inngjerdet og låst.*

Svar: Tas til etterretning.

**Vilkår 27:**

*Miljødirektoratet skal til enhver tid ha adgang til anlegget for inspeksjon.*

Svar: Tas til etterretning.

Vilkår 28:

*Det skal foreligge beredkapsplaner for hvordan alunskiferen skal håndteres dersom opprinnelig plan ikke kan følges. Disse skal sendes Miljødirektoratet før utlegging av skifermassene starter.*

Svar: Det vises til Beredkapsplan for håndtering av alunskifer samt svar under vilkår 13.

### **Overvåking og rapportering**

Vilkår 29:

*Før anleggsstart skal Vegvesenet utarbeide et overvåkningsprogram for tiltaksfasen. Overvåkningsprogrammet skal dokumentere plassering av prøvepunkter, valg av parametere, metode og hyppighet på prøvetakingen.*

Svar: Det vises til vedlagt Overvåkningsprogram.

Vilkår 30:

*Eventuelle uønskede hendelser skal rapporteres til Miljødirektoratet snarest mulig.*

Svar: Tas til etterretning.

Vilkår 31:

*Senest 6 måneder etter at anleggsarbeidene er avsluttet skal det sendes inn en sluttrapport til Miljødirektoratet. Rapporten skal beskrive det arbeid og de tiltak som er gjennomført og de resultater som er oppnådd, resultatene fra overvåkning i tiltaksfasen, samt et forslag til videre overvåkningsprogram for driftsfasen. Levering av eventuelt farlig avfall skal dokumenteres. Bruk og disponering av syreholdig alunskifer skal beskrives.*

Svar: Tas til etterretning.

Vilkår 32:

*Etter en overvåkningsperiode på 3 år skal det utarbeides en evalueringsrapport. Rapporten skal sammenstille resultatene fra overvåkingen og inneholde et forslag for videre overvåkning.*

Svar: Tas til etterretning.

Ettersom anleggsarbeidet har startet og videreføringen av dette avhenger av tillatelse fra Miljødirektoratet, ber vi om rask behandling av våre svar på vilkårene.

Prosjekt Vestoppland  
Med hilsen

  
for Anne Brit Moen  
Prosjektleder



## Statens vegvesen

Miljødirektoratet  
Postboks 5672, Sluppen  
7485 TRONDHEIM

Att: Hans Jørund Hansen

Behandlende enhet:  
Region øst

Saksbehandler/innvalgsnr:  
Live Hesthagen - 24058083

Vår referanse:  
2010/164703-246

Deres referanse:

Vår dato:  
18.03.2014

### **Rv. 4 Gran grense-Jaren** **Svar på brev fra Miljødirektoratet vedrørende spredning av tungmetaller via grunnvann**

Det vises til brev sendt 22. januar 2014 hvor Miljødirektoratet ber om en ytterligere vurdering av spredning ved avrenning i fjellsprekker. Videre ber Miljødirektoratet om at tidligere oversendt overvåkningsprogram og beredskapsplan revideres for å ivareta denne situasjonen.

Vedlagt er et notat der Statens vegvesen har vurdert faren for spredning av tungmetaller via grunnvannet på Gran, samt en revidert beredskapsplan. Med hensyn på en revisjon av overvåkningsprogrammet mener vi at eksisterende program er tilstrekkelig for å fange opp en eventuell spredning via grunnvannet.

Imidlertid er overvåkningsprogrammet nylig blitt revidert i henhold til tilbakemeldinger fra Statens strålevern. Det reviderte overvåkningsprogrammet er dermed også vedlagt dette brevet.

Prosjekt Vestoppland  
Med hilsen

*for*   
Anne Brit Moen  
Prosjektleder

3 vedlegg

Postadresse  
Statens vegvesen  
Region øst  
Postboks 1010  
2605 Lillehammer

Telefon: 02030  
Telefaks: 61 25 74 80  
firmapost-ost@vegvesen.no  
Org.nr: 971032081

Kontoradresse  
Østensjøveien 34  
0667 OSLO

Fakturaadresse  
Statens vegvesen  
Regnskap  
Båtsfjordveien 18  
9815 VADSØ  
Telefon: 78 94 15 50  
Telefaks: 78 95 33 52

## Ny Rv. 4 på Hadeland, spredning av tungmetaller via grunnvann på Gran

---

I svar fra Miljødirektoratet (MD) datert den 22.1.2014 står det følgende:

*«De nye undersøkelsene av hydrogeologien indikerer at sprekker i fjell vi være den primære spredningsveien. Miljødirektoratet mener det er nødvendig at denne informasjonen tas med i overvåkningsprogrammet og at det utredes beredskapsplaner knyttet til denne spredningsveien. Valg av plassering av overvåkningsbrønner må vurderes ut fra denne erkjennelsen. Det bør derfor iverksettes et system som kan brukes til kontroll og beredskapstiltak av denne situasjonen. Vi vurderer beredskapsplanene ved en eventuell spredning av forurensning fra myrområdet i overvann som tilstrekkelig utarbeidet, men kan ikke se at det er utarbeidet tiltak som vil kunne kontrollere og redusere en eventuell spredning via sprekker i grunnfjellet. Miljødirektoratet mener derfor det er videre behov for å utrede beredskap og spredningsreducerende tiltak for disponeringsområdet.»*

Statens Vegvesen (SVV) har basert sin framstilling på temaet «strømning på sprekker» i fast fjell på rådende fagkunnskap. I likhet med strømning i porøse medier kan et strømningsfelt som består av sprekker i fast fjell, deles inn i innstrømningsområder og utstrømningsområder. Dersom et masselager legges i et innstrømningsområde vil eventuell lekkasje skje via fjellsprekkene. Hvis masselageret derimot legges i et utstrømningsområde, vil vanntrykket i fjellsprekkene være en barriere mot vanntransport inn i sprekken. Dette prinsippet er lagt til grunn for de tekniske løsningene SVV foreslår for deponering av alunskifer i forbindelse med ny Rv.4 på Hadeland. Nedenfor vil det bli redegjort for hvordan SVV vil (a) gjennomføre tiltak og (b) overvåke at strømningsforholdene i og rundt masselageret ikke endrer strømningskarakter og forblir mest mulig lukket. På den måten vil vi overvåke at kontakten mot berggrunnen forblir et utstrømningsområde. På bakgrunn av observasjoner og generell kunnskap om hydrogeologi må derfor sannsynligheten for spredning av toksiske forbindelser ned i berggrunnen ansees som neglisjerbar. Til tross for den lave risikoen, skal SVV etablere en overvåkningsbrønn i berggrunnen for å dokumentere at vurderingene som er gjort, best mulig stemmer overens med observasjonsmaterialet.

### Datagrunnlag

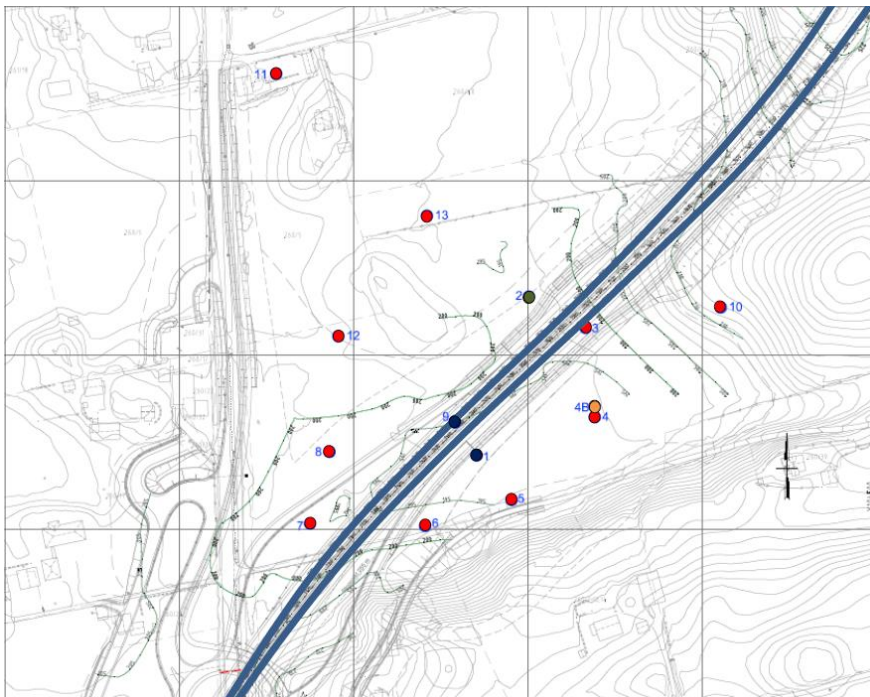
For å få en bedre kjennskap til de hydrauliske egenskapene til området for masselagring av alunskifer, og tilgrensede områder ble det boret 12 brønner (fig. 1). For hver av brønnene finnes det egne brønnskjema der brønnborer bl.a. gir en beskrivelse av massene han registrerer under boring, når han treffer fjell, og antatt vanninnslag. I tillegg gir han en beskrivelse av fjellkvalitet. Brønnene ble etablert mens det ennå var tele i bakken og uten tilgang på vann. Som det går frem av figur 1 ble det registrert mye vann i flere av de dypeste fjellbrønnene. Brønner som var plassert i områder med lite løsmasser over fjelloverflaten, var mer eller mindre tørre.



	Morene (vannførende)	Fjell (vannførende)	Total lengde
Brønn 1	0,8 (500 - 1000 l/time)	1 (50 - 500 l/time)	18
Brønn 2	0,2 (tørr)	2,8 (tørr)	18
Brønn 3	1 (<50 l/time)	5 (> 1000 l/time - nederste 3 m)	18
Brønn 4	1 (< 50 l/time)	27 (mye vann)	46
Brønn 4B	0	0	8,3
Brønn 5	3,55 (50 - 500 l/time)	1 (50 - 500 l/time)	13,55
Brønn 6	3,55 (< 50 l/time)	1 (50 - 500 l/time)	14,55
Brønn 7	0	1,3 skifer (500 - 1000 l/time)	13,3
Brønn 8	0	1 skfer (500 - 1000 l/time)	14,2
Brønn 9	2 (500 - 1000 l/time)	1 > (1000 l/time)	18
Brønn 10	0	2 skfer tørr	8
Brønn 11	0	1 fjell (50 - 500 l/time)	6
Brønn 12	0	1 (tørr)	6
Brønn 13	1 (500 - 1000 l/time)	3 svart skfer/sprekker (> 1000 l/time)	18

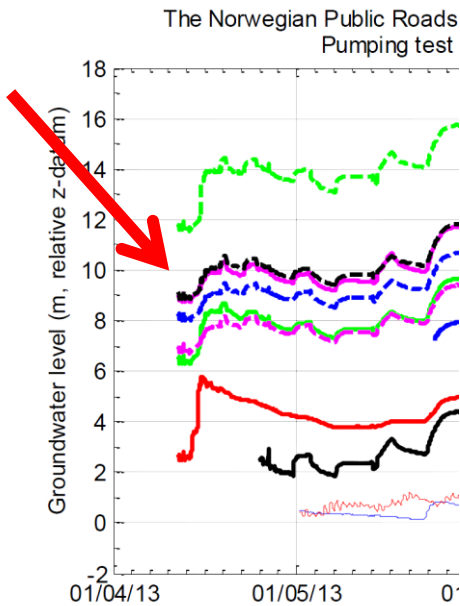
Figur 1 Antatt vanninnslag fra morene og fjell for de ulike brønnene

I brønn 4 ble det boret totalt 27 m ned i fjell med stort vanninnslag hele veien. Den gode vanntilgangen i flere av brønnene ble bekreftet gjennom pumpetester (jfr. Tiltaksplan Hydrologi).



Figur 2 Plassering av brønner.

Pumpetestene ble gjennomført i tidsperioden 11.4.2013 – 27.6.2013. Under snøsmeltingen var det liten senkning av grunnvannstrykket på grunn av sterk infiltrasjon (fig. 3). I pumpetest ble analysen dette forholdet tatt hensyn til da hydrauliske parametere ble beregnet.



Figur 3 Vann-nivå i brønnene under pumpetesten. Den tykke røde kurven skiller seg ut med en raskere respons, dette skyldes at filteret her går nesten opp til overflaten og står ikke i fjell.

Den tykke røde kurven skiller seg ut fra de andre brønnene med en raskere respons. Dette skyldes at denne brønnen har filter mellom 2 og 7 m dyp og får derfor et bidrag direkte fra overflaten. De andre brønnene har filter i bunnmorenen og i toppen av fjell. Responsen her er derfor i hovedsak basert på bevegelser i grunnvannet uten direkte kommunikasjon med overflaten. Grunnvannstrykket i bunnmorene og topp fjell skyldes infiltrasjon fra snøsmelting og nedbør i fjellssidene samt den topografiske forskjellen mellom de gamle elveslette-sedimentene og infiltrasjonsområdene. Dette gir et strømningsmønster i grunnvannet med lange oppholdstider. Grunnvannet i bunnmorenen og toppen av fjellet vil fylle masselageret med vann til et nivå som tilsvarer trykkehøyden i dette laget

### Grunnvannsstrøm inn og ut av masselager

Grunnvannsstrømning inn og ut av masselageret kan beregnes ved hjelp av Darcy's lov (1), bevaring av masse (2), grensebetingelser og eventuelt initialbetingelser:

$$\vec{u} = -\frac{k}{\mu} (\nabla p - \rho \vec{g}) \quad (1)$$

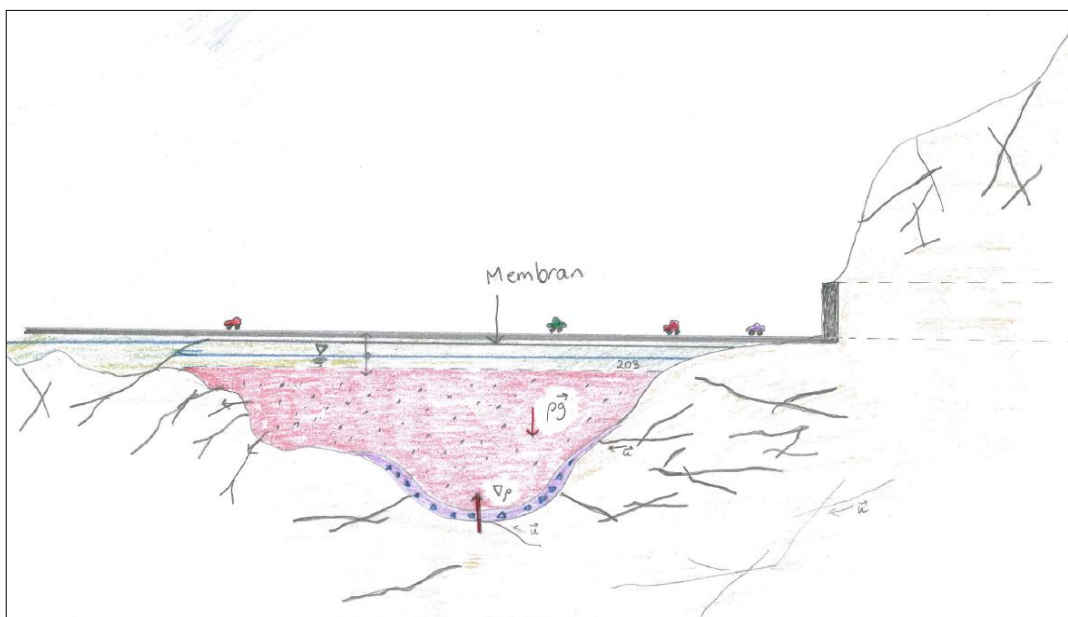
$$\nabla \cdot \vec{u} = 0 \quad (2)$$

I disse to likningene er  $\vec{u}$  hastigheten til vannet,  $k$  permeabiliteten til massene,  $\mu$  den dynamiske viskositeten til vannet,  $\vec{g}$  tyngdens akselerasjon,  $p$  vanntrykket og  $\nabla p$  trykkgradienten. Den viktigste grensebetingelsen er nedbør langs overflaten, grunnvannskillet og elver og bekker i nedbørsfeltet. Robuste initialbetingelsene er stasjonære løsninger med konstante grensebetingelser.

Fra likning (1) ser vi at dersom trykkgradienten inn i de utlagte massene tilsvarer tyngdekraften, vil vannet stå stille. Dette tilsvarer hydrostatiske trykkforhold hvor det ikke er noen strømning i vertikal retning. Likning (2) sier at vannmassen er bevart, dvs. at det som strømmer inn i et område mettet med vann vil tilsvare den mengden som strømmer ut. Vi antar da at tettheten til vannet er konstant (vannet er inkompressibelt), og at porøsiteten ikke endres etter at deponeringen er avsluttet og masselageret er tildekket

Trykket i bunnmorenen og i fjellet er bestemt av nedbørsmengden, topografien i området og permeabiliteten i de vannførende lagene og i løsmassene som ligger over bunnmorenen. To forhold vil bli iverksatt for at denne trykkgradienten opprettholdes: 1) Det legges en mest mulig tett membran på toppen av masselageret. Dette vil minimalisere infiltrasjon i masselageret og dermed sikre at trykkforholdene ikke endres. 2) Området langs randen av masselageret vil bli drenert. Drensvann rundt masselageret overvåkes for å dokumentere at lekkasjer fra masselageret er minimalisert.

Dersom det mot all sannsynlighet opptrer lekkasjer fra masselageret, vil vannet som lekker ut ta minste motstands vei. Disse strømningsveiene overvåkes, både langs randen på masselageret og i berggrunnen (se fig. 4).



Figur 4 Et tenkt lengdesnitt med utlagte massene (rødt), morenelag (lilla), fjellsprekker og med innlagt membran og vann-nivå. Tunnelen vil også bidra til å drenere overliggende fjellmassiv.

Utgravning av dagens myr viser at vann-nivået i gravegropa er høyere enn i fjellbrønnene (fig. 5). Dette bekrefter at masselageret er et utstrømningsområde. I tillegg vil torvmassene i området være en gunstig barriere mot eventuelle lekkasjer fra masselageret.



Figur 5 viser en utgravd sjakt langs ytterkanten av myrområdet. Bildet indikerer at grunnvannet står høyt i terrenget, ca. 1 m under overflaten. Den røde pilen peker på brønn 6, en fjellbrønn med filter fra 9,5 m – 14 m dyp, målt fra overflaten (ca. kote 208). Vann-nivået i brønnen er lavere enn vann-nivået i sjakten. Bilde er tatt den 4. mars 2014.

### Konklusjon basert på hydrologiske betraktninger

Pumpetesten viste at på grunn av de tette leire-, silt- og torvmassene over en vesentlig mer permeabel morene og fjell vil strømningsgradientene i løsmassene være rettet oppover mot overflaten. Grunnvannstrykket i bunnmorene og topp fjell skyldes infiltrasjon fra snøsmelting og nedbør i fjellsidene samt den topografiske forskjellen. Dette gir et strømningsmønster i grunnvannet med lange oppholdstider og der grunnvannet i bunnmorenen og toppen av fjellet vil fylle masselageret med vann til et nivå som tilsvarer trykkehøyden i dette laget.

Membran over og drenering rundt de utlagte massene vil minimere direkte infiltrasjon. Dette kan føre til at vann-nivået i massene rundt blir liggende høyere enn vann-nivået under membranen. Så lenge vanntrykket i de naturlige massene rundt er høyere enn trykket i de utlagte massene vil det ikke være strømning ut av de utlagte massene. Observasjonsbrønnene vil dokumentere at disse trykkforholdene i størst mulig grad opprettholdes. I motsatt fall kan tiltak iverksettes umiddelbart. De mest aktuelle avbøtende tiltakene er: 1) ytterligere forsegling av masselageret. 2) Forsterkning av torvmassefilter i drengrofter rundt masselageret. 3) Avsenkning av trykknivå i berggrunnen/topp morene oppstrøms masselageret gjennom periodisk utpumping. Effekten av pumpetiltak (3) er dokumentert gjennom pumpetesten som ble gjennomført i forundersøkelsene.

## Preventive tiltak

Statens Vegvesen kan med andre ord ikke garantere at lekkasjene ut av masselageret alltid vil være lik null. Det er imidlertid innarbeidet praktiske tiltak for å minimalisere utstrømningen, og overvåke at forutsetningen for overvåkingen tilfredsstilles. I tillegg foreslår vi avbøtende tiltak dersom forutsetningene ikke oppfylles. Tiltakene går ut på:

- 1) Å hindre/minimalisere infiltrasjon fra fersk nedbør gjennom toppen av masselageret,
- 2) Sørge for at permeabiliteten i de utlagte massene blir så lav som mulig. Desto lavere permeabilitet, desto mindre gjennomstrømning, og desto mindre vannvolum.

Punkt en løses ved membran og drenering. Punkt to løses ved å sørge for at de utlagte massene blir mest mulig komprimert. Vi kan oppnå dette ved bl.a. forbelastning og dypkomprimering med fall-lodd. Tunneldrivingen viser at de utsprengte massene er svært fragmenterte. Dette kan indikere at forbelastning vil gi en bedre komprimeringseffekt enn dypkomprimering med fall-lodd. Forbelastningen foregår ved at det lagres andre masser over de potensielt syredannende massene. Vekten av massene over vil redusere porøsiteten i massene under.

Det er et ønske at den hydrauliske ledningsevne i de utlagte massene tilsvarer den som ble beregnet i torv/silt-massene basert på data fra pumpeforsøket. Det vil si en hydraulisk ledningsevne på ca. 0,5 – 1,0 m/time, når vi antar en mektighet på ca. 10 m. Porøsiteten er ikke like viktig, men det er et mål at den er mindre enn 0,25. Desto mindre porøsitet, desto mindre porevann som kan reagere med alunskiferen.

## Overvåkning

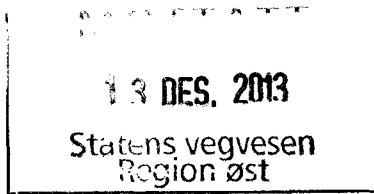
Siden vi ikke kan garantere hvor stor utstrømningen blir mot de omkringliggende områdene, vil vannkvaliteten overvåkes i en observasjonsbrønn nedstrøms og i Vigga. Hvis man for eksempel observerer at mengden tungmetaller er vesentlig høyere enn bakgrunns verdier fra måling før anleggsstart, kan det være en indikasjon på at for eks. membran og/eller drenering ikke fungerer optimalt. Det vil da bli satt i gang tiltak for å undersøke og eventuelt utbedre skade.

Det vil ikke bli satt i gang tiltak for rensing av grunnvann. Det er vanskelig å skille ut grunnvannsstrømning fra masselageret fra annen grunnvannsstrømning. Grunnvannet i Gran kommune er generelt påvirket av fjellgrunnen. Vegetasjon og dyreliv er tilpasset disse forholdene. Derfor mener Statens vegvesen at det generelt er bedre å lagre potensielt syredannende masser i «sitt eget miljø» enn å transportere massene til et område der slike masser ikke er en naturlig del av berggrunnen.

### **Avbøtende tiltak**

Dersom overvåkingen påviser uakseptable miljøverdier, er følgende avbøtende tiltak aktuelle:

- 1) Utbedret forsegling av masselageret.
- 2) Utbedring av filtermasser (torv) i drengrofter rundt masselageret.
- 3) Grunnvannspumning i berggrunnen/topp morene oppstrøms masselageret for å minimalisere innstrømning nedenfra.



Statens vegvesen Region Øst  
Postboks 1010  
2605 LILLEHAMMER

Deres ref.

Vår ref.  
12/00861/330.1  
Saksbeh. Marte Varpen Holmstrand

Vår dato  
10.12.2013

## **Oversendelse av tillatelse etter forurensningsloven til virksomhet som kan medføre forurensning - disponering av alunskifer**

**Basert på søknad av 2. oktober 2012, samt opplysninger fremkommet under behandlingen av søknaden, gir Statens strålevern tillatelse til disponering av alunskifer ved masseutskifting av myr i forbindelse med anleggelse av Rv 4 sør for Gran sentrum på Hadeland.**

**Statens vegvesen skal senest før de starter å disponere alunskiferen utarbeide en risikovurdering med en tiltaksplan og et program for miljøovervåkning både for anleggsfase og driftsfase.**

**Tillatelsen med tilhørende vilkår følger vedlagt.**

Statens strålevern (Strålevernet) viser til søknad fra Statens vegvesen (Vegvesenet) av 2. oktober 2012, samt opplysninger fremkommet under behandlingen av søknaden, om tillatelse til disponering av alunskifer som inneholder naturlig forekommende radioaktive stoffer ved masseutskifting av myr i forbindelse med anleggelse av ny riksvei 4 (Rv 4) sør for Gran sentrum på Hadeland.

Tillatelsen er gitt i medhold av lov om vern mot forurensninger og om avfall av 13. mars 1981 nr. 6, §§ 11 og 32 jf. § 16, jf. forskrift om forurensningslovens anvendelse på radioaktiv forurensning og radioaktivt avfall av 1. november 2010 nr. 1394 § 4.

### **Søknaden**

Søknaden gjelder bygging av ny Rv 4 fra Gran grense til Jaren. Den skal bygges som en firefelts vei. Veien legges i en 1,7 km lang tunnel med to løp under og rundt Gran sentrum. Dette gir store mengder sprengstein, hvorav ca. 100 000 m<sup>3</sup> av disse forventes å være alunskifer. Veien vil bli lagt over et myrområde. Massene i myra er ikke egnet som byggegrunn og vil måtte byttes ut med annet materiale som fundament.

Alunskifer har et høyt tungmetallinnhold av blant annet uran. Hvis alunskiferen kommer i kontakt med luft og vann, kan den danne sur avrenning, som i seg selv kan mobilisere uran slik at alunskiferen kan bli en kilde til radioaktiv forurensning. Alunskiferen kan også medføre omfattende forurensninger til miljøet som følge av de syredannende egenskapene. Når alunskifer reagerer og er syredannende, vil redusert pH føre til at tungmetaller lekker ut av alunskiferen.



Vegvesenet søker om å bruke alunskifermassene til masseutskiftingen i myra. Alunskiferen er tenkt plassert ned mot fjell eller bunnmorene, med et lag leire mellom masse og fjell. På denne måten mener Vegvesenet at massene dekker behovet for noen av de fyllmassene som er nødvendig å tilføre myrområdet, samt at Vegvesenet sørger for at alunskiferen blir tatt hånd om på en måte som fører til en sikker og miljømessig tilfredsstillende disponering.

Massene skal komprimeres for å redusere porevolumet, noe som vil bidra til å redusere potensialet for gjennomstrømning av vann og eventuell spredning av radioaktive stoffer. Massene dekkes til med leire eller andre tette masser. Det er planlagt bruk av membran, eventuelt også spunt, for å dekke over alunskifermassene. Membranen vil bli plassert slik at den vil ligge permanent under grunnvannsnivået. Bruk av membran vil også være et aktuelt tiltak for å sikre fremtidig stabilt oksygenfattig grunnvannsnivå.

Vegvesenet understreker at grunnvannet i bunnen av en myr ikke sirkulerer i samme grad som overflatevannet. Dette vil hindre mobilitet av de radioaktive stoffene, og det vil derfor være en minimal risiko for utlekking. Vegvesenet mener at de topografiske, hydrogeologiske og kjemiske vilkårene i den aktuelle myra er spesielt gunstige for disponering av alunskifer til masseutskifting.

Vegvesenet beskriver at den naturlige barrieren som dannes av fjell/bunnmorene og leire vil fungere godt for å hindre utlekking. Leiren vil minimalisere innstrømning av vann og eventuell utlekking av radioaktive stoffer. Alunskifermassene vil til enhver tid ligge lavere enn grunnvannsnivået og omslutes av det oksygenfattige myrvannet.

Mellomlagring av alunskifermasser skal unngås så langt det er mulig, men det tas høyde for at det kan være nødvendig å mellomlagre masser opptil noen uker. Eventuelt mellomlagrede masser skal legges på et tørt, drenert underlag og tildekkes ved fare for nedbør. Tildekking for å begrense oksygentilgang skal vurderes.

Alunskifers reaktivitet vil avhenge av årstid, lufttemperatur og nedbørsituasjon. Vegvesenet har derfor tatt høyde for at en del alunskifer kan kjøres til eksternt godkjent deponi dersom forholdene tilsier at det er uønsket med mellomlagring.

Søknaden skisserer overvåking av forurensningsnivået i grunnvann og overflatevann i og til myrområdet. Det skal etableres overvåkningsbrønner oppstrøms og nedstrøms anleggsområdet. Foreslått prøvetakingsprogram omfatter blant annet drenering fra tunnel og vann fra renseanlegg.

### **Saksbehandling**

Strålevernet behandler søknader om tillatelse til virksomhet etter forurensingsloven i henhold til forurensningsforskriften kapittel 36 om behandling av tillatelser etter forurensningsloven.

Søknaden ble sendt på høring den 17. desember 2012, med høringsfrist den 21. januar 2013. Strålevernet har mottatt høringskommentar fra Miljødirektoratet (daværende Klima- og forurensningsdirektoratet) innen utløpet av høringsfristen. Strålevernet har vurdert høringsuttalelsen i behandlingen av saken.





Miljødirektoratet kommenterte at de også behandler tilsvarende søknad i prosjektet, innenfor sitt ansvarsområde, og avgrensner sin tillatelse mot den delen av søknaden som Strålevernet skal behandle. Miljødirektoratet forutsetter at Strålevernet setter vilkår om måling og overvåking av stråling/utlekking i en eventuell tillatelse. Det har på denne bakgrunn vært avholdt et møte mellom Miljødirektoratet og Strålevernet om saken.

### **Regelverk**

Strålevernet legger forurensningsloven og forskrifter som er hjemlet i denne loven til grunn for behandling av søknaden.

Strålevernet kan foreta endringer i denne tillatelsen i medhold av forurensningsloven § 18. Endringer skal være basert på skriftlig saksbehandling og en forsvarlig utredning av saken.

At forurensningen er tillatt utelukker ikke erstatningsansvar for skade, ulemper eller tap forårsaket av forurensningen, jf. forurensningsloven § 56.

I tillegg til de kravene som følger av tillatelsen, plikter Vegvesenet å overholde forurensningsloven og strålevernloven og forskrifter som er hjemlet i disse lovene, samt internkontrollforskriften.

Brudd på tillatelsen er straffbart etter forurensningsloven §§ 78 og 79. Brudd på krav som følger direkte av forurensningsloven og strålevernloven og forskrifter fastsatt i medhold av disse lovene, er straffbart.

I henhold til naturmangfoldloven § 7 skal prinsippene i naturmangfoldloven §§ 8-12 legges til grunn som retningslinjer ved utøving av offentlig myndighet, og det skal fremgå av beslutningen hvordan disse prinsippene er tatt hensyn til og vektlagt i vurderingen av saken. Forvaltningsmålene i §§ 4 og 5 trekkes også inn i skjønnsutøvingen. De nevnte bestemmelser i naturmangfoldloven skal således inngå i skjønnsutøvingen ved saksbehandling etter forurensningsloven. Miljøkonsekvensene av tiltaket skal vurderes i et helhetlig og langsiktig perspektiv, der hensynet til det planlagte tiltaket og eventuelt tap eller forringelse av naturmangfoldet på sikt avveies.

### **Begrunnelse for Statens stråleverns vedtak**

Strålevernet har ved avgjørelsen av om tillatelse skal gis og ved fastsetting av vilkårene lagt vekt på de forurensningsmessige ulempene ved tiltaket sammenholdt med de fordelene og ulempene tiltaket for øvrig vil medføre. Ved fastsettingen av vilkårene har vi lagt til grunn hva som kan oppnås ved innføring av beste tilgjengelige teknikker (BAT).

For å kunne gjennomføre den omsøkte masseutskiftingen trenger man en tillatelse fra Strålevernet, da anvendelsen av alunskiferen vil være en virksomhet som kan medføre forurensning, jf. forurensningsloven § 11. Forskrift om forurensningslovens anvendelse på radioaktiv forurensning og radioaktivt avfall av 1. november 2010 nr 1394 § 4 gjør forurensningens bestemmelser gjeldende for radioaktiv forurensning også. Det følger av bestemmelsens 1. ledd at Strålevernet kan gi tillatelse etter forurensningsloven § 11 til virksomhet som medfører eller kan medføre radioaktiv forurensning. Med virksomhet menes all menneskelig aktivitet som kan medføre forurensning i strid med loven.



Den løsningen for masseutskiftingen som beskrives i søknaden har som mål å redusere risikoen for utlekking til det minimale, men så lenge det finnes en minimal risiko for utlekking må det likevel søkes om tillatelse for masseutskiftingen. En eventuell forurensningsfare kan bestå både av svevestøv i forbindelse med utsprengning og transportering fra tunnel til myr, samt utlekking fra de utskiftede massene til området rundt myra der massene legges ned.

Det forventes ikke at tiltaket vil ha effekt på naturmangfoldet. Strålevernet har imidlertid stilt krav om en risikovurdering med en tiltaksplan, og miljøovervåking for å oppdage eventuell utlekking. Vegvesenet etablerte tidlig i planleggingsfasen mange grunnvannsbrønner i området, både i den fremtidige veitraseen og i området rundt. Alle grunnvannsbrønnene som ligger utenfor selve traseen vil bli stående gjennom hele anleggsfasen og videre utover i driftsfasen. Disse skal benyttes til miljøovervåking. Strålevernet har i tillatelsen stilt krav om at det etter en overvåkingsperiode på 3 år fra anleggsfasens avslutning skal utarbeides en evalueringsrapport. Rapporten skal sammenstille resultatene fra overvåkingen og inneholde et forslag for videre overvåking.

Strålevernet har på denne bakgrunn vurdert at fordelene ved å disponere alunskifermassene til masseutskiftingen, er større enn ulempene disponeringen kan føre til for området rundt myra. En slik disponering av alunskiferen vil gjøre den til en ressurs i stedet for avfall, noe som ansees som en stor samfunnsøkonomisk fordel. På bakgrunn av informasjon framkommet i søknaden og gjennom saksbehandlingen aksepterer Strålevernet at risikoen for at det skal forekomme utlekking av radioaktive stoffer fra alunskiferen er liten, og med krav til overvåkingsystemet som følger i tillatelsen vil en eventuell utlekking bli oppdaget og tiltak kan iverksettes. Strålevernet gir derfor tillatelse til å bruke de utsprengte alunskifermassene fra tunnelen.

### **Avslutningsplan og rapportering**

Krav til rapportering er gitt i tillatelsen. Senest 6 måneder etter at anleggsfasen er avsluttet skal det sendes inn en sluttrapport til Strålevernet. Rapporten skal beskrive det arbeid og de tiltak som er gjennomført og de resultater som er oppnådd, resultatene fra overvåking i anleggsfasen, samt et forslag til videre overvåkingsprogram for driftsfasen. Bruk og disponering av radioaktiv alunskifer skal beskrives.

Strålevernet har i tillatelsen stilt krav om at det etter en overvåkingsperiode på 3 år fra anleggsfasens avslutning skal utarbeides en evalueringsrapport. Rapporten skal sammenstille resultatene fra overvåkingen og være bestemmende for videre overvåking, målingenes hyppighet og eventuelle tiltak i framtiden.

### **Tilsyn**

Strålevernet kan føre tilsyn med at kravene som er gitt blir etterlevd i forhold til disponeringen av alunskifer.



### **Forsvarlighetskrav og stråleeksponering i arbeidsmiljøet**

Vegvesenet må også overholde annet regelverk, herunder bestemmelser gitt for å ivareta arbeidernes helse i forhold til risiko for stråling under utøvelse av arbeidet.

Etter strålevernloven § 5 skal blant annet enhver tilvirkning, transport, besittelse, bruk, håndtering og avfallsdisponering av strålekilder være forsvarlig, slik at det ikke oppstår risiko for dem som utøver virksomheten, andre personer eller miljøet. All stråleeksponering skal holdes så lav som praktisk mulig og stråledoser skal ikke overstige fastsatte grenser gitt i strålevernforskriften § 30.

I anleggsfasen skal all stråleeksponering holdes så lav som praktisk mulig.

### **Klageadgang**


Det gjøres oppmerksom på at hele eller deler av dette vedtaket kan påklages til Miljøverndepartementet av sakens parter eller andre med rettslig klageinteresse innen tre uker fra underretning om vedtak er kommet frem, eller fra klageren fikk eller burde skaffet seg kjennskap til vedtaket. En eventuell klage skal sendes til Strålevernet, og angi hva det klages over og den eller de endringer som ønskes. Klagen bør begrunnes, og andre opplysninger av betydning for saken bør også nevnes.

En eventuell klage fører ikke automatisk til at gjennomføringen av vedtaket utsettes. Strålevernet eller Miljøverndepartementet kan etter anmodning eller av eget tiltak beslutte at vedtaket ikke skal gjennomføres før klagefristen er ute eller klagen avgjort. Avgjørelsen av spørsmålet om gjennomføring kan ikke påklages.

Med visse begrensninger har partene rett til å se sakens dokumenter. Strålevernet vil gi nærmere opplysninger på forespørsel. Vi vil også kunne gi øvrige opplysninger om saksbehandlingsregler og andre regler av betydning for saken.

Med hilsen

  
Kristin Elise Frogg  
fagdirektør

  
Solveig Dysvik  
seksjonssjef

*Vedlegg: Tillatelse etter forurensningsloven*

*Kopi: Gran kommune, Rådhusvegen 39, 2770 Jaren  
Fylkesmannen i Oppland, Postboks 987, 2626 Lillehammer  
Miljødirektoratet, Postboks 5672 Sluppen, 7485 Trondheim  
Miljøverndepartementet, Postboks 8013 Dep, 0030 Oslo*



## Tillatelse etter forurensningsloven til virksomhet som kan medføre radioaktiv forurensning - disponering av alunskifer - gitt til Statens vegvesen

Tillatelsen er gitt i medhold av lov om vern mot forurensninger og om avfall av 13. mars 1981 nr. 6, §§ 11 og 32, jf. § 16, jf. forskrift om forurensningslovens anvendelse på radioaktiv forurensning og radioaktivt avfall av 1. november 2010 nr 1394 §§ 2 og 4.

Tillatelsen er gitt på grunnlag av opplysninger gitt i søknad av 2. oktober 2012 samt opplysninger fremkommet under behandlingen av søknaden. Dersom Statens vegvesen ønsker å foreta endringer av miljømessig betydning i forhold til det som her tillates, må dette omsøkes.

For øvrig gjelder de til enhver tid gjeldende regler i forurensningsloven med forskrifter, og strålevernloven med forskrift for virksomheten. Statens strålevern gjør oppmerksom på at annen aktuell lovgivning gjelder uavhengig av denne tillatelsen, og at tillatelsen ikke fritar Vegvesenet fra oppfyllelse av krav i annet regelverk.

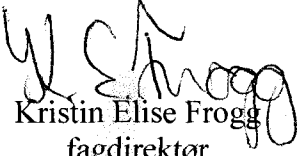
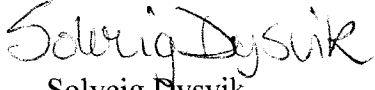
Strålevernet understreker at ikke bare menneskers helse, men også vern av miljøet skal ivaretas ved bruk og utslipp av radioaktive stoffer.

At forurensningen er tillatt utelukker ikke erstatningsansvar for skade, ulemper eller tap forårsaket av forurensningen, jf. forurensningsloven § 56.

Tillatelsen gjelder fra dags dato.

### Informasjon om virksomhet og lokalitet

Virksomhet	Statens Vegvesen, region øst
Gateadresse	Østensjøveien 34, 0667 Oslo
Postadresse	Postboks 1010, 2605 Lillehammer
Organisasjonsnummer	NO 971032081 MVA
Lokalitet	Riksvei 4 gjennom Hadeland, sør for Gran sentrum
Kommune og fylke	Gran, Oppland

Tillatelse gitt: 10.12.2013	Endringsnummer:	Sist endret:
 Kristin Elise Frogg fagdirektør		 Solveig Dysvik seksjonssjef
Tillatelsesnummer: TU13-04	Saksnummer: 12/00861	



## **1. Aktivitet som omfattes av tillatelsen**

Tillatelsen gjelder forurensning eller fare for forurensning knyttet til håndtering og disponering av alunskifer med innhold av radioaktive stoffer ved masseutskifting av myr i forbindelse med bygging av ny vei. Massene som kan benyttes er utsprengte masser fra anleggelse av tunnel rett nord for den angitte myra. Det er beregnet at man har behov for å benytte omlag  $100\,000\text{ m}^3$  alunskifer for å dekke behovet ved masseutskiftingen. Dersom man får overskuddsmasser av alunskifer utover det man trenger for å bygge en stabil vei gjennom myra, så må dette leveres til godkjent mottak. Dersom man grunnet driftsstopp eller andre årsaker ikke kan disponere alunskifermassene i myra, skal alunskifermassene leveres til godkjent mottak.

Tillatelsen er forøvrig begrenset av de rammene som fremgår av søknaden.

## **2. Spesielle vilkår for tillatelsen**

### **2.1. Masseutskifting**

#### **2.1.1**

Vegvesenet skal foreta en risikovurdering av helse- og miljøproblemer som kan oppstå i forbindelse med disponeringen av alunskiferen. Det skal herunder vurderes om disponeringen av alunskifer kan medføre uønskede hendelser som kan føre til forurensning til naboeiendommene og eventuell spredning av forurensning. Det skal lages en plan for aktuelle avbøtende tiltak. Tiltakene skal redusere faren for at det oppstår spredning av forurensninger og/eller sannsynlighet for eksponering av radioaktiv stråling for arbeidstakere i anleggsfasen. Vurderingen skal inkludere faktorer og inngrep som kan føre til en endring av de hydrogeologiske forholdene i myra. Det må også i denne vurderingen redegjøres for hvordan miljøforholdene som hindrer forvitring av alunskifer, med påfølgende syredannelse og utlekking av uran, skal sikres i fremtiden. Detaljerte planer for avbøtende tiltak for eventuelle helse- og miljøproblemer som kan oppstå i forbindelse med disponeringen av alunskiferen skal sendes Strålevernet før masseutskiftingen starter. Dersom det som følge av unormale driftsforhold eller andre grunner oppstår fare for økt radioaktiv forurensning, plikter bedriften å iverksette de tiltak som er nødvendige for å eliminere eller redusere den økte strålingsfaren, herunder om nødvendig å redusere eller innstille driften.

#### **2.1.2**

Alunskifer inneholder naturlig uran i form av U-238, U-235, deres datterprodukter og K-40. Konsentrasjonene av disse nuklidene er ujevnt fordelt i alunskiferen. For å få mer kunnskap om aktuelt nivå i alunskiferen, skal Vegvesenet ta representative prøver av uraninnholdet i alunskiferen før den legges i myra.

#### **2.1.3**

Vegvesenet skal disponere massene på en slik måte at mellomlagring ikke blir aktuelt. Dersom dette likevel skulle være påkrevd for en kortere periode, skal massene tildekkes på en slik måte at lufttilgang og vanngjennomstrømming hindres.



## **2.2. Kontroll med de hydrogeologiske forholdene**

### **2.2.1**

Hvis alunskiferen kommer i kontakt med luft og vann, kan den danne sur avrenning, som i seg selv kan mobilisere uran slik at alunskiferen kan bli en kilde til radioaktiv forurensning. Vegvesenet mener at ved å plassere disse massene i myra, vil det oksygenfattige vannet der sørge for at potensialet for en mulig forurensning vil bli minimal. Vegvesenet mener at de topografiske, hydrogeologiske og kjemiske vilkårene i den aktuelle myra er spesielt gunstige for disponering av alunskifer til masseutskifting. Dokumentasjon på hvordan disse betingelsene kan opprettholdes samtidig som myrmasser fjernes og erstattes med alunskifer skal sendes Strålevernet før arbeidene med masseutskiftingen starter.

### **2.2.2**

De hydrogeologiske forholdene i myrområdet er beregnet til å være relativt stabile, men det skal likevel føres kontroll med mengde og kvalitet av det vannet som strømmer inn og ut av myrområdet. Grunnvannstanden i området kan variere noe, men vil aldri synke under kote 203-204 meter, med mindre det foretas en bevisst grunnvannssenking ved pumping. Stabilt grunnvannsnivå er en forutsetning for at den løsningen Vegvesenet har omsøkt skal fungere optimalt. Strålevernet krever derfor at grunnvannsnivået skal overvåkes og kontrolleres på jevnlig basis, og at Vegvesenet sørger for at det gjennomføres tiltak for å holde grunnvannstanden stabil dersom det skulle bli behov for det.

### **2.2.3**

Det må iverksettes nødvendige tiltak for å kontrollere tilstrømning av oksygenrikt overflatevann til myra etter masseutskiftingen. Dette gjelder også tilstrømning til byggegrop og tunnel både i anleggsfase og driftsfase.

## **2.3. Miljøovervåking**

### **2.3.1**

Før man starter disponeringen av alunskifer skal Vegvesenet utarbeide et overvåkingsprogram for anleggsfasen og driftsfasen. Overvåkingsprogrammet skal dokumentere plasseringen av prøvepunkter, valg av parametere, metode og hyppighet på prøvetakingen.

### **2.3.2**

Dersom bedriften bruker eksterne laboratorier/konsulenter for prøvetaking og/eller analysering, skal akkrediterte laboratorier/tjenester benyttes der dette er mulig.

### **2.3.3**

Målinger og beregninger skal utføres slik at de blir representative for eventuelle utlekkinger av radioaktive stoffer fra området der masseutskiftingen skjer. Virksomheten skal vurdere usikkerheten i målingene og beregningene, og søke å redusere denne mest mulig. Måling av prøvemateriale skal som et minimum omfatte naturlig uran i form av U-238, U-235, deres datterprodukter og K-40.

### **2.3.4**

Virksomheten skal kunne fremlegge dokumentasjon om grunnlaget for rapporterte data inkludert faktorer, beregningsmetoder og usikkerhetsvurderinger.



## **2.4. Kontroll og beredskap**

### 2.4.1

Virksomheten skal etablere og vedlikeholde en nødvendig beredskap mot akutt forurensning. Beredskapen skal dimensjoneres på grunnlag av definerte fare- og ulykkessituasjoner. Som et minimum skal personell, deres kompetanse, verneutstyr, innsatsmateriell og responstid dimensjoneres.

### 2.4.2

Virksomheten skal så snart som mulig sende Strålevernet opplysninger om endring av betydning i risiko for akutt forurensning eller i forutsetningene for Strålevernets tillatelse, og iverksette korrigerende tiltak i henhold til bestemmelsene i forurensningsloven.

### 2.4.3

Virksomheten skal sørge for at ansatte og andre tilknyttede personer som arbeider med alunskifer, eller som kan bli eksponert for stråling, har tilstrekkelig kompetanse innen strålevern. Masseutskiftingen skal følges opp i felten av en person med kompetanse på måling av radioaktivitet.

### 2.4.4

Anleggsområdet skal ikke være tilgjengelig for allmenheten, og holdes inngjerdet og låst.

## **2.5. Avslutning og etterdrift**

### 2.5.1

Etter avsluttet anleggsfase og i driftsfasen skal omkringliggende områder som ble benyttet i forbindelse med anleggelse av veien tilbakeføres til en slik tilstand at området kan benyttes fritt uten begrensninger som følge av radioaktiv forurensning i overskuelig fremtid. Etter avslutning av anleggsfasen skal det ikke forekomme radioaktiv forurensning av betydning fra området.

### 2.5.2

Senest 6 måneder etter at anleggsfasen er avsluttet skal det sendes inn en sluttrapport til Strålevernet. Rapporten skal beskrive det arbeid og de tiltak som er gjennomført og de resultater som er oppnådd, resultatene fra overvåking i anleggsfasen, samt et forslag til videre overvåkingsprogram for driftsfasen. Bruk og disponering av alunskifer skal beskrives.

### 2.5.3

Etter en overvåkingsperiode på 3 år, jf. pkt. 2.3.1, etter avsluttet anleggsperiode, skal det utarbeides en evalueringsrapport. Rapporten skal sammenstille resultatene fra miljøovervåkingen og inneholde et forslag for eventuell videre overvåking.

Strålevernet kan stille nærmere vilkår for avslutning og etterdrift.



### **3. Generelle vilkår**

#### **3.1. Hindre forurensning**

Strålevernet presiserer at all forurensning i forbindelse med disponering av alunskiferen, herunder utslipp til luft og til vann er uønsket. Vegvesenet plikter å redusere utslippene så langt dette er mulig uten urimelige kostnader selv om utslippene holdes innenfor fastsatte utslippsgrenser. Dette gjelder så vel under anleggsfasen, eventuell mellomlagring, og i driftsfasen.

Drensvann og overløp skal ikke spre forurensning av noen betydning ut av området verken i anleggsfasen eller driftsfasen.

Dersom de omsøkte løsningene for miljøbeskyttende tiltak ikke virker som forutsatt, kan Vegvesenet bli pålagt å iverksette ytterligere tiltak.

#### **3.2. Internkontroll**

Virksomheten plikter å ha internkontroll for sin virksomhet i henhold til bestemmelsene i internkontrollforskriften. Internkontrollen skal blant annet sikre og dokumentere at virksomheten overholder krav i denne tillatelsen, forurensningsloven, strålevernloven og relevante forskrifter til disse lovene. Virksomheten plikter å holde internkontrollen oppdatert.

Virksomheten skal til enhver tid ha oversikt over alle aktiviteter som kan medføre radioaktiv forurensning og kunne redegjøre for risikoforhold.

#### **3.3. Tilsyn**

Virksomheten plikter å la representanter fra Strålevernet føre tilsyn med disponeringen av alunskifer.

#### **3.4. Varsling ved ulykker, uhell og unormale hendelser**

Virksomheten skal straks varsle Strålevernet om ulykker, uhell og unormale hendelser, inkludert akuttutslipp, jf. strålevernforskriften § 19. Skriftlig rapport skal sendes Strålevernet så snart som mulig og senest innen 3 dager. I tillegg skal også andre myndigheter varsles i henhold til bestemmelsene i forurensningsloven. Andre uønskede hendelser som involverer radioaktive stoffer og som ikke omfattes av varslingsplikten etter strålevernforskriften, skal også rapporteres til Strålevernet.





## Statens vegvesen

Statens strålevern  
Postboks 55  
1332 ØSTERÅS

Behandlende enhet:  
Region øst

Saksbehandler/innvalgsnr:  
Live Hesthagen - 24058083

Vår referanse:  
2010/164703-215

Deres referanse:  
12/00861

Vår dato:  
27.02.2014

### **Tillatelse til disponering av alunskifer ved masseutskifting av myr i forbindelse med anleggelse av rv. 4 for Gran sentrum på Hadeland - svar på vilkår i brev datert 10. desember 2013**

Det vises til brev datert 10. desember 2013 med tillatelse til disponering av alunskifer ved masseutskifting av myr i Gran sentrum på Hadeland. Brevet angir de spesielle vilkårene Statens strålevern har knyttet til tillatelsen. Disse vilkårene er besvart i dette brevet.

I vår besvarelse er det flere steder henvist til oppdatert Overvåkningsprogram. Dette vedlegget vil imidlertid ettersendes tidlig uke 10.

### **Masseutskifting**

#### **Vilkår 2.1.1**

*Vegvesenet skal foreta en risikovurdering av helse- og miljøproblemer som kan oppstå i forbindelse med disponeringen av alunskiferen. Det skal herunder vurderes om disponeringen av alunskifer kan medføre uønskede hendelser som kan føre til forurensning til naboeiendommene og eventuell spredning av forurensning. Det skal lages en plan for aktuelle avbøtende tiltak. Tiltakene skal redusere faren for at det oppstår spredning av forurensninger og/eller sannsynlighet for eksponering av radioaktiv stråling for arbeidstakere i anleggsfasen. Vurderingen skal inkludere faktorer og inngrep som kan føre til en endring av de hydrogeologiske forholdene i myra. Det må også i denne vurderingen redegjøres for hvordan miljøforholdene som hindrer forvitring av alunskifer, med påfølgende syredannelse og utlekking av uran, skal sikres i fremtiden. Detaljerte planer for avbøtende tiltak for eventuelle helse- og miljøproblemer som kan oppstå i forbindelse med disponeringen av alunskiferen skal sendes Strålevernet før masseutskiftingen starter. Dersom forurensning, plikter bedriften å iverksette de tiltak som er nødvendige for å eliminere eller redusere den økte strålingsfaren, herunder om nødvendig å redusere eller innstille driften.*

Svar: Det er utført en risiko- og sårbarhetsanalyse i forbindelse med håndtering av alunskifer (se vedlagt Revidert ROS-analyse). Videre er de ulike tiltakene for å hindre spredning av forurensning samlet i Tiltaksplan Hydrologi og Beredskapsplan for håndtering av alunskifer.

Postadresse  
Statens vegvesen  
Region øst  
Postboks 1010  
2605 Lillehammer

Telefon: 02030  
Telefaks: 61 25 74 80  
firmapost-ost@vegvesen.no  
Org.nr: 971032081

Kontoradresse  
Østensjøveien 34  
0667 OSLO

Fakturaadresse  
Statens vegvesen  
Regnskap  
Båtsfjordveien 18  
9815 VADSØ  
Telefon: 78 94 15 50  
Telefaks: 78 95 33 52

Det er faren for avrenning av surt og metallholdig vann som til nå har vært ansett som det største problemet ved håndtering av alunskifer. Denne type svarte skifere kan ha høyt innhold av tungmetaller, deriblant uran, men de best kjente miljøskadene av feilaktig håndtering/deponering av alunskifer knytter seg til forsurening og utfellinger av jernhydroksider i vassdrag. Disse utfellingene inneholder også store mengder aluminium og toksiske tungmetaller. Uran synes i mindre grad enn f.eks. bly og kadmium å binde seg til slike oksidiske utfellinger, og dette avspeiles av høye uranverdier i filtrerte vannprøver fra lokale bekker i alunskiferområder på Gran. Undersøkelser utført i forbindelse med NORWAT-prosjektet tyder imidlertid på at mobiliteten av uran reduseres vesentlig ved lagring av alunskifer i myr, pga. binding av uran til humus (se vedlegg Sorpsjonsresultater materialet fra deponiområdet).

### **Vilkår 2.1.2**

*Alunskifer inneholder naturlig uran i form av U-238, U-235, deres datterprodukter og K-40. Konsentrasjonen av disse nuklidene er ujevnt fordelt i alunskiferen. For å få mer kunnskap om aktuelt nivå i alunskiferen, skal Vegvesenet ta representative prøver av uraninnholdet i alunskiferen før den legges i myra.*

Svar: Tas til etterretning. Det vises til Grunnlag for interne grenseverdier, revidert ROS-analyse og revidert Overvåkningsprogram.

Det blir utført systematisk geologisk kartlegging etter som anlegget skrider fram, med vekt på forekomst av alle typer svarte skifre. Det etableres et system med kjerneboring foran stuff og uttak av borekaks. Det utføres systematisk semi-kvantitativ kjemisk analyse av alle typer bergarter (dvs. ikke bare alunskifer) ved hjelp av håndholdt XRF. Instrumentet er kalibrert mot et stort antall prøver fra Gran med kjent kjemisk sammensetning. Totalt U, Th og K inngår blant analyseparameterne. Det er etablert interne grenseverdier mht. til klassifisering der også uraninnhold inngår. Det skal tas representative prøver av utsprengt alunskifer som skal analyseres for U-238, U-235, datterprodukter og K-40. Institutt for energiteknikk (IFE) vil utføre analysene.

### **Vilkår 2.1.3**

*Vegvesenet skal disponere massene på en slik måte at mellomlagring ikke blir aktuelt. Dersom dette likevel skulle være påkrevd for en kortere periode, skal massene tildekkes på en slik måte at lufttilgang og vanngjennomstrømning hindres.*

Svar: Vilkåret tas til etterretning og det vises til Beredskapsplan for håndtering av alunskifer. I tilfelle mellomlagring skulle bli aktuelt, konstaterer vi at det ikke er mulig å forhindre fullstendig tilgang på luft og vann. Imidlertid vil tildekking og omdirigering av eventuelt rennende vann redusere problemet i tilstrekkelig grad. Eventuell mellomlagret alunskifer vil alltid være analysert ved håndholdt XRF på forhånd, og maksimum tid for mellomlagring ses i lys av både uraninnhold og forholdene under lagring. Det vil bli utført et relevant omfang av vannkjemiske analyser nedstrøms mellomlagringsstedet. I forbindelse med eventuell mellomlagring vil det alltid tilføres kalk, og om nødvendig sorbenter. NORWAT-prosjektet har dokumentert at lokal torv/myrjord sorberer 98-100 % oppløst uran. Tilsvarende for bentonitt viser også gode resultat.

Som det framgår av søknaden har NGI/IFE på basis av 4 undersøkte borekjerner dokumentert at sams masse av alunskifer på Gran ikke overstiger Strålevernets grenseverdi på 1 Bq/g.

## Kontroll med de hydrogeologiske forholdene

### Vilkår 2.2.1

*Hvis alunskiferen kommer i kontakt med luft og vann, kan den danne sur avrenning, som i seg selv kan mobilisere uran slik at alunskiferen kan bli en kilde til radioaktiv forurensning. Vegvesenet mener at ved å plassere disse massene i myra, vil det oksygenfattige vannet der sørge for at potensialet for en mulig forurensning vil bli minimal. Vegvesenet mener at de topografiske hydrogeologiske og kjemiske vilkårene i den aktuelle myra er spesielt gunstige for disponering av alunskifer til masseutskiftning. Dokumentasjon på hvordan disse betingelsene kan opprettholdes samtidig som myrmasse fjernes og erstattes med alunskifer skal sendes Strålevernet før arbeidene med masseutskiftningen starter.*

Svar: Det vises til vedlagt Tiltaksplan Hydrologi, Beredskapsplan, revidert Overvåkningsprogram, Kjemiske forhold i masselageret og svar på tilsvarende vilkår fra Miljødirektoratet.

### Vilkår 2.2.2

*De hydrogeologiske forholdene i myrområdet er beregnet til å være relativt stabile, men det skal likevel føres kontroll med mengde og kvalitet av det vannet som strømmer inn og ut av myrområdet. Grunnvannstanden i området kan variere noe, men vil aldri synke under kote 203-204 meter, med mindre det foretas en bevisst grunnvannssenkning ved pumping. Stabilt grunnvannsnivå er en forutsetning for at den løsningen Vegvesenet har omsøkt skal fungere optimalt. Strålevernet krever derfor at grunnvannsnivået skal overvåkes og kontrolleres på jevnlig basis, og at Vegvesenet sørger for at det gjennomføres tiltak for å holde grunnvannstanden stabil dersom det skulle bli behov for det.*

Svar: Myras hydrologiske egenskapene er beskrevet i tiltaksplan Hydrologi med vedlegg.

Grunnvannsnivået i myrområdet har blitt overvåket etter nedsetting av 14 grunnvannsbrønner i 2013. Det har også blitt utført flere pumpeprøver, der det har blitt pumpet ut vann fra de ulike geologiske avsetningene. Valg av kote 203 som øverste nivå på utlagt alunskifer er basert på disse undersøkelsene. Det er lite sannsynlig at grunnvannet vil synke under denne koten, som er 1 m under den laveste observerte grunnvannsverdien i 2013. Generelt står grunnvannet 2-3 m høyere enn kote 203. Terrenget ligger på ca kote 208. Over de utlagte massene skal det legges en heldekkende membran. Denne vil også bidra til et fuktig klima under membranen da den i stor grad hindrer fordampning, Membranen vil således være en ekstra sikkerhet ved en uforutsett grunnvannssenkning. Den primære hensikten med membranen er å stoppe oksygenrikt overflatevann ned i de utlagte alunskifermassene.

Grunnvannsnivået i området skal overvåkes under anlegg og i driftsfasen. Pumpeprøvene viste at det går mye vann i fjell og morenelaget under torva og de siltige leirelagene. Under anlegg vil de bløte lagene (torv og leire/silt) erstattes med alunskifer som blir liggende neddykket i grunnvann fra fjell og morene. Tester av dette vannet har vist at det er oksygenfattig på grunn av lang oppholdstid i massene. Pumpeprøven viste også at det er vanskelig å senke grunnvannet i området ved hjelp av utpumping på grunn av stor tilførsel og høy hydraulisk ledningsevne i fjellmassivet. Statens vegvesen vil uansett overvåke, og eventuelt sette begrensninger på fremtidig utbygging på naboeiendommer hvis disse krever større og permanente senkninger av grunnvannet.

### Vilkår 2.2.3

*Det må iverksettes nødvendige tiltak for å kontrollere tilstrømning av oksygenrikt overflatevann til myra etter masseutskiftningen. Dette gjelder også tilstrømning til byggegrop og tunnel både i anleggsfase og driftsfasen.*

Svar: I driftsfasen vil tilstrømning av oksygenrikt overflatevann til myra etter masseutskifting ivaretas ved at det legges tette masser og en membran over de utlagte alunskifermassene. Det vil være minimum 5 m fra overflaten til toppen av de utlagte massene. Langs hele membranen legges drenering. Det vil bli lagt stor vekt på å unngå punktering av membranen bl.a ved nedsetting av midtdeler, rekkverk og vegbelysning. Membranen skal legges med et minimums fall på 100:1, tilsvarende fall på dreneringen rundt. Her skal det benyttes topp-slissede rør, dvs. rør som er perforerte i øvre halvdel og tette i nedre. Drensrøret skal ha utløp i en infiltrasjonskum med tilstrekkelig kapasitet og som ligger såpass langt unna at infiltrasjon tilbake til de utlagte massene ikke er mulig. Utløpsrørene må sprenges ned i fjell for å sikre nødvendig fall.

Tiltak for å begrense tilstrømning av oksygenrikt vann i anleggsfasen er bortledning av en flombekk, forbud mot lagring av snø i området og drenering (avskjæring og bortledning) av vann oppstrøms myra og rundt tunnelportalen. Alunskifer som må mellomlagres over grunnvannstand skal dekkes til med vanntett duk/presenning og kalkgrus.

Gjennom hele anlegget vil det tas vannprøver i bekker og i grunnvannsbrønner. Etter hvert som masseutskiftingen går fremover vil brønnene som ble benyttet under pumpetesten saneres. Disse vil erstattes av nye brønner som etableres etter at veganlegg og drensløsninger er ferdigstilt.

Tilstrømning av oksygenrikt overflatevann inn i tunneler skal avskjæres og bortledes. Under anlegget vil dette vannet pumpes vekk. Vann som brukes under anlegget inne i tunnelene blir tatt hånd om av rensesystemet for tunnelene. I driftsfasen kan det komme inn oksygenrikt overflatevann fra snø på biler, men dette vil ikke utgjøre store mengder. Tunnelvann i driftsfasen blir tatt hånd om av dreneringssystemet og ledes vekk fra området.

Det vises til vedlagte Tiltaksplan Hydrologi, revidert Overvåkningsprogram, Kjemiske forhold i masselager og ved mellomlagring.

## Miljøovervåking

### Vilkår 2.3.1

*Før man starter disponeringen av alunskifer skal Vegvesenet utarbeide et overvåkningsprogram for anleggsfasen og driftsfasen. Overvåkningsprogrammet skal dokumentere plasseringen av prøvepunkter, valg av parametere, metode og hyppighet på prøvetakingen.*

Svar: Vilkåret tas til etterretning og det vises til vedlagt revidert Overvåkningsprogram.

### Vilkår 2.3.2

*Dersom bedriften bruker eksterne laboratorier/konsulenter for prøvetaking og/eller analysering, skal akkrediterte laboratorier/tjenester benyttes der dette er mulig.*

Svar: Vilkåret tas til etterretning. Kun akkrediterte tjenester benyttes.

### Vilkår 2.3.3

*Målinger og beregninger skal utføres slik at de blir representative for eventuelle utlekkinger av radioaktive stoffer fra området der masseutskiftingen skjer. Virksomheten skal vurdere usikkerheten i målingene og beregningene, og søke å redusere denne mest mulig. Måling av prøvemateriale skal som et minimum omfatte naturlig uran i form av U-238, U-235, deres datterprodukter og K-40.*

Svar: Tas til etterretning. Det vises til svar på vilkår 2.1.2 og revidert Overvåkningsprogram om analysene som skal utføres i forbindelse med utsprengt alunskifer. Tilsvarende vil IFE utføre relevante analyser på vann fra renseanlegg og myra.

Rv. 4 Gran grense-Jaren er case i etatsprogrammet NORWAT, delprosjekt Miljø i anlegg. I god tid før anlegget startet opp ble det samlet inn vann, fisk og bunndyr som analyseres for de nevnte isotopene ved NMBU (tidligere UMB)/CERADs laboratorier på Ås. NORWAT følger opp med nye analyser i anleggsfasen. Tidspunktene for videre prøvetaking bestemmes bl.a. av logistikken av masseforflytning, nedbør mm.

#### **Vilkår 2.3.4**

*Virksomheten skal kunne framlegge dokumentasjon om grunnlaget for rapporterte data inkludert faktorer, beregningsmetoder og usikkerhetsvurderinger.*

Svar: Vilkåret tas til etterretning.

### **Kontroll og beredskap**

#### **Vilkår 2.4.1**

*Virksomheten skal etablere og vedlikeholde en nødvendig beredskap mot akutt forurensning. Beredskapen skal dimensjoneres på grunnlag av definerte fare- og ulykkessituasjoner. Som et minimum skal personell, deres kompetanse, verneutstyr, innsatsmateriell og responstid dimensjoneres.*

Svar: Tas til etterretning. Se for øvrig Beredskapsplan og revidert ROS-analyse.

Beredskap overfor kjemiske og fysiske virkninger av alunskifer anses også å dekke aktuelle problemstillinger med radioaktivitet. Undersøkelser av alunskiferprøver fra tunneltraseen viser så langt at sams masse neppe overstiger 1 Bq/gram (se dokumentasjon vedlagt vår søknad).

#### **Vilkår 2.4.2**

*Virksomheten skal så snart som mulig sende Strålevernet opplysninger om endring av betydning i risiko for akutt forurensning eller i forutsetningene for Strålevernets tillatelse, og iverksette korrigerende tiltak i henhold til bestemmelsene i forurensningsloven.*

Svar: Vilkåret tas til etterretning.

#### **Vilkår 2.4.3**

*Virksomheten skal sørge for at ansatte og andre tilknyttede personer som arbeider med alunskifer, eller som kan bli eksponert for stråling, har tilstrekkelig kompetanse innen strålevern. Masseutskiftingen skal følges opp i felten av en person med kompetanse på måling av radioaktivitet.*

Svar: Tas til etterretning. Det vises til revidert Overvåkningsprogram.

#### **Vilkår 2.4.4**

*Anleggsområdet skal ikke være tilgjengelig for allmennheten, og holdes inngjerdet og låst.*

Svar: Vilkåret tas til etterretning.

### **Avslutning og etterdrift**

**Vilkår 2.5.1**

*Etter avsluttet anleggsfasen og i driftsfasen skal omkringliggende områder som ble benyttet i forbindelse med anleggelse av vegen tilbakeføre til en slik tilstand at området kan benyttes fritt uten begrensninger som følge av radioaktiv forurensning i overskuelig fremtid. Etter avslutning av anleggsfasen skal det ikke forekomme radioaktiv forurensning av betydning fra området.*

Svar: Tas til etterretning. Statens vegvesen legger til grunn at en ved avslutning av anleggsfasen ikke skal ha en høyere forekomst av radioaktiv forurensning enn de naturgitte forholdene før oppstart på vegprosjektet.

**Vilkår 2.5.2**

*Senest 6 måneder etter at anleggsfasen er avsluttet skal det sendes inn en sluttrapport til Strålevernet. Rapporten skal beskrive det arbeid og de tiltak som er gjennomført og de resultater som er oppnådd, resultatene fra overvåkning i anleggsfasen, samt et forslag til videre overvåkningsprogram for driftsfasen. Bruk og disponering av alunskifer skal beskrives.*

Svar: Tas til etterretning.

**Vilkår 2.5.3**

*Etter en overvåkningsperiode på 3 år, jf. Pkt. 2.3.1, etter avsluttet anleggsperiode, skal det utarbeides en evalueringsrapport. Rapporten skal sammenstille resultatene fra miljøovervåkingen og inneholde et forslag for eventuell videre overvåking.*

Svar: Tas til etterretning.

Prosjekt Vestoppland  
Med hilsen

Anne Brit Moen  
Prosjektleder

7 vedlegg



Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.