



GEOLOGI FOR SAMFUNNET

SIDEN 1858



**NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE**
· NGU ·



RAPPORT

NGU-Rapport nr.: 2019.013 NIBIO-Rapport nr.: 5/40/2019		ISSN: 0800-3416 (trykt) ISSN: 2387-3515 (online)		Gradering: Åpen	
Tittel: Overvåking av belastede grunnvannsforekomster i Norge, 2015 – 2018. Typelokaliteter og resultater fra urbane områder og jordbruksarealer.					
Forfatter: NGU: Seither, A., Dagestad, A., Jæger, Ø., Gundersen P. NIBIO: Roseth, R., Kværner, J., Rognan, Y., Reinemo, J., Mæland, T.			Oppdragsgiver: Miljødirektoratet		
Fylke:			Kommune:		
Kartblad (M=1:250.000)			Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)		
Forekomstens navn og koordinater:			Sidetall: 120 Pris: 250,- Kartbilag:		
Feltarbeid utført: Juli 2015 - oktober 2018		Rapportdato: 09.07.2020		NGU-Prosjektnr.: 366500	
				Ansvarlig: <i>Berinda Flin</i>	
Sammendrag: Siden 2015 er det gjennomført kartlegging og overvåking av grunnvannets kjemiske tilstand i 14 grunnvannslokaliteter; 8 i områder med urban- og/eller industribelastning og 6 i områder med jordbruksbelastning. Samtlige lokaliteter er i løsmasseakviferer med varierende geologisk oppbygging og forskjeller i hydrogeologiske og klimatiske forhold. Samlet utgjør disse akviferene et utvalg som representerer typiske norske hydrogeologiske forhold med betydelig belastning fra urbanisering og industriell virksomhet eller jordbruksaktivitet. Kartlegging av vannkjemi i urban/industrirelastede områder viser at grunnvannet har generelt god kjemisk tilstand i henhold til terskelverdier gitt i vannforskriften, og er i begrenset grad påvirket av forurensende aktiviteter. De få lokalitetene der det i enkeltbrønner registreres dårlig kjemisk tilstand i grunnvannet skyldes dette lokal grunnforurensning i brønnområdet. Et unntak fra dette er Gardermoakviferen der funn av PFAS i flere observasjonspunkter viser en regional påvirkning av grunnvannet fra flyplassaktiviteten. For de 6 lokalitetene i jordbruksområder har grunnvannet vært mer eller mindre påvirket av jordbruksaktiviteten, med økt innhold av nitrat og funn av plantevernmidler. Nitrat ble påvist i forhøyede konsentrasjoner på alle lokaliteter. Haslemoen viste de høyeste konsentrasjonene, med flere prøver opp mot terskelverdien på 50 mg NO ₃ /l. Det har blitt gjort gjenfunn av plantevernmidler og/eller metabolitter av disse i alle undersøkte områder. Til sammen er det påvist 15 ulike plantevernmidler og metabolitter. Noen plantevernmidler/metabolitter er påvist over terskelverdien (grense i drikkevannsforskriften) på 0,1 µg/l. Dette gjelder MCPA, glyfosat, metribuzin-DK, metribuzin-DADK og lavdosemetabolitten IN70941. For Haslemoen, Rimstadmoen, Horpestad og Grødalen er det flere påvisninger over terskelverdi, men ikke for Lærdal og Overhalla. For Horpestad er det påvist forhøyede konsentrasjoner av kobber og sink, noe kan ha sammenheng med tilsetning i husdyrfor og som tilføres grunnvannet gjennom husdyrgjødsling. Grunnvannet i jordbruksområdene har vist ulik grunnvannskjemi og påvirkning avhengig av driftsform, klimatiske og hydrogeologiske forhold. De utførte undersøkelsene på de 14 grunnvannslokalitetene har imidlertid gitt verdifull kunnskap og data som kan benyttes i det videre arbeidet med å karakterisere og klassifisere grunnvannsforekomster i Norge. Det anbefales at overvåkingen av typelokalitetene forsetter i samme omfang som foregående år, men at det eventuelt gjøres lokale tilpasninger der det er knyttet usikkerhet til fastsettelse av grunnvannsforekomstens kjemiske tilstand eller det har tilkommet ny kunnskap om den lokale belastningssituasjonen. Endringer i analyseprogrammene for samtlige typelokaliteter bør også på sikt endres gitt av krav eller anbefalinger fra EU sentralt. Det anbefales også at Norge bidrar i tidlig kartlegging og overvåking av nye stoffer som kan utgjøre en trussel mot det akvatiske miljøet.					
Emneord:		Grunnvann		Overvåking	
Grunnboring		Grunnvannskvalitet			

INNHold

1.	Innledning	5
2.	Typelokaliteter for grunnvann i Norge	6
3.	Metoder	7
4.	Urbane typelokaliteter	8
4.1	Elverum	8
4.1.1	Lokalisering og utvalgskriterier	8
4.1.2	Løsmassegeologi	8
4.1.3	Hydrogeologi	10
4.1.4	Prøvetaking og analyser	11
4.1.5	Resultater vannanalyser 2016 – 2018	11
4.1.6	Oppsummering kartlegging kjemisk tilstand typelokalitet Elverum	11
4.2	Gardermoen	14
4.2.1	Lokalisering og utvalgskriterier	14
4.2.2	Løsmassegeologi	14
4.2.3	Hydrogeologi	16
4.2.4	Prøvetaking og analyser	17
4.2.5	Resultater vannanalyser 2017 – 2018	17
4.2.6	Oppsummering kartlegging kjemisk tilstand	18
4.3	Kongsberg	21
4.3.1	Lokalisering og utvalgskriterier	21
4.3.2	Løsmassegeologi	22
4.3.3	Hydrogeologi	23
4.3.4	Prøvetaking og analyse	24
4.3.5	Resultater vannanalyser 2016 – 2018	25
4.3.6	Oppsummering kartlegging kjemisk tilstand	25
4.4	Mosjøen	28
4.4.1	Lokalisering og utvalgskriterier	28
4.4.2	Løsmassegeologi	30
4.4.3	Hydrogeologi	31
4.4.4	Prøvetaking og analyse	32
4.4.5	Resultater vannanalyser 2016 – 2018	32
4.4.6	Oppsummering kartlegging kjemisk tilstand	33
4.5	Typelokalitet Odda	36
4.5.1	Lokalisering og utvalgskriterier	36
4.5.2	Løsmassegeologi	37
4.5.3	Hydrogeologi	37
4.5.4	Prøvetaking og analyser	39
4.5.5	Resultater vannanalyser 2017 – 2018	40
4.5.6	Oppsummering kartlegging kjemisk tilstand	40
4.6	Orkanger	43
4.6.1	Lokalisering og utvalgskriterier	43
4.6.2	Løsmassegeologi	44
4.6.3	Hydrogeologi	45
4.6.4	Prøvetaking og analyse	45
4.6.5	Resultater vannanalyser 2015 – 2018	46
4.6.6	Oppsummering kartlegging kjemisk tilstand	46
4.7	Otta	49
4.7.1	Lokalisering og utvalgskriterier	49
4.7.2	Løsmassegeologi	50
4.7.3	Hydrogeologi	51
4.7.4	Prøvetaking og analyser	52
4.7.5	Resultater vannanalyser 2016 – 2018	52
4.7.6	Oppsummering kartlegging kjemisk tilstand	54
4.8	Sundalsøra	55
4.8.1	Lokalisering og utvalgskriterier	55
4.8.2	Løsmassegeologi	56
4.8.3	Hydrogeologi	57

4.8.4	Prøvetaking og analyser	58
4.8.5	Resultater vannanalyser 2016 – 2018	59
4.8.6	Oppsummering kartlegging kjemisk tilstand	60
5.	Typelokaliteter jordbruksområder	63
5.1	Grødal	63
5.1.1	Lokalisering og utvalgskriterier	63
5.1.2	Løsmassegeologi	63
5.1.3	Hydrogeologi	64
5.1.4	Prøvetaking og analyser	65
5.1.5	Resultater vannanalyser 2016 – 2018	66
5.1.6	Oppsummering kartlegging kjemisk tilstand	66
5.2	Haslemoen	70
5.2.1	Lokalisering og utvalgskriterier	70
5.2.2	Geologi, løsmasser og hydrogeologi	71
5.2.3	Påvirkning av menneskelig aktivitet - jordbruksdrift	72
5.2.4	Brønnetablering	72
5.2.5	Resultater	73
5.2.6	Oppsummering kartlegging kjemisk tilstand	74
5.3	Horpestad	75
5.3.1	Lokalisering og utvalgskriterier	75
5.3.2	Geologi, løsmasser og hydrogeologi	75
5.3.3	Påvirkning av menneskelig aktivitet – landbruksdrift	77
5.3.4	Brønnutforming	77
5.3.5	Resultater kjemiske analyser	78
5.3.6	Oppsummering kartlegging kjemisk tilstand	78
5.3.7	Oppsummering kartlegging kjemisk tilstand	79
5.4	Nedre Eri	81
5.4.1	Lokalisering og utvalgskriterier	81
5.4.2	Geologi, løsmasser og hydrogeologi	81
5.4.3	Brønnutforming	83
5.4.4	Resultater vannanalyser	83
5.4.5	Oppsummering kartlegging kjemisk tilstand	84
5.5	Overhalla	86
5.5.1	Lokalisering og utvalgskriterier	86
5.5.2	Løsmassegeologi	87
5.5.3	Hydrogeologi	88
5.5.4	Prøvetaking og analyser	90
5.5.5	Resultater vannanalyser 2015 – 2018	90
5.5.6	Oppsummering kartlegging kjemisk tilstand	90
5.6	Rimstadmoen	92
5.6.1	Lokalisering og utvalgskriterier	92
5.6.2	Geologi, løsmasser og hydrogeologi	93
5.6.3	Påvirkning av menneskelig aktivitet – jordbruksdrift	96
5.6.4	Brønnutforming, grunnvannsstand og tilrettelegging ved kilde	97
5.6.5	Resultater fra vannanalysene	97
5.6.6	Oppsummering kartlegging kjemisk tilstand	100
6.	Samlet vurdering av resultatene fra kartlegging og overvåking av typelokaliteter	101
6.1	Urbane typelokaliteter	101
6.2	Jordbrukslokaliteter	101
7.	Anbefalinger til videre overvåking av belastede grunnvannsforekomster	102
8.	Referanser	103

VEDLEGG

Vedlegg 1: Metoder og analyser NIBIO

Vedlegg 2: Protokoll for prøvetaking og feltmålinger for overvåking av grunnvannskjemi hos NGU

1. INNLEDNING

De største grunnvannsforekomstene i Norge finnes i løsmasser og utgjør mange steder en viktig ressurs til vannforsyning. Tidligere nasjonale hydrogeologiske kartleggingsprogrammer har da også fokusert på kartlegging av grunnvannsforekomster med potensial for uttak av grunnvann til drikkevannsforsyning. Som følge av denne prioriteringen er kunnskap og kompetanse om belastede grunnvannsforekomster generelt svært liten i Norge. EUs rammedirektiv for vann (vanndirektivet) og det underliggende grunnvannsdirektivet er gjennomført i Norge gjennom "Forskrift om rammer for vannforvaltningen", heretter omtalt som vannforskriften. For å imøtekomme de krav og forordninger som er gitt i vannforskriften er det et stort behov for å øke kompetansen om grunnvann både nasjonalt, regionalt og lokalt.

Som et ledd i arbeidet med vannforskriften er det inngått et samarbeid mellom Miljødirektoratet, Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Norges geologiske undersøkelse (NGU) og Landbruksdirektoratet ved NIBIO. Formålet er å bidra til økt kunnskap om grunnvannsforekomster i Norge og med spesielt fokus på forekomster med forurensningsbelastning fra urbanisering, industri og jordbruk.

Som følge av normalt liten til moderat forurensningsbelastning og begrenset vannuttak fra de fleste grunnvannsforekomster i Norge, er det forventet at de fleste forekomstene har god kvalitativ og kvantitativ tilstand i henhold til vannforskriftens mål for grunnvann. Utfordringen er imidlertid å kunne dokumentere denne antatte gode tilstanden med faktabasert kunnskap fra kartlegging og overvåkingsdata, samt å identifisere og undersøke de grunnvannsforekomstene som faktisk har behov for tiltak for å oppnå god tilstand.

På bakgrunn av mangel på kunnskap om belastede grunnvannsforekomster er det igangsatt et overvåkningsprosjekt for å karakterisere, overvåke og klassifisere 14 utvalgte grunnvannslokaliteter som skal representere typiske geologiske, klimatiske og belastningsmessige forhold i Norge, og dermed kan defineres som regionale eller nasjonale typelokaliteter. Dersom tilstanden i disse er dokumentert god, vil vi kunne anta at det samme gjelder for sammenlignbare grunnvannslokaliteter med lik eller mindre belastning andre steder i landet. Det forventes at kunnskap og erfaring fra denne representative overvåkingen vil gjøre det mulig å anslå kvalitativ og kvantitativ tilstand på de fleste grunnvannsforekomster uten omfattende og kostbar kartlegging og undersøkelser.

De 14 utvalgte typelokalitetene inngår i nasjonal basisovervåking av grunnvann i henhold til vannforskriften.

Arbeidet med utvelgelse, karakterisering og klassifisering av typelokaliteter er et samarbeid mellom Miljødirektoratet, NVE, NGU og Landbruksdirektoratet ved NIBIO.

Denne rapporten gir en kort beskrivelse av samtlige overvåkingslokaliteter, og presenterer resultatene fra overvåkingen av grunnvannskjemi i perioden 2015-2018. En grundigere omtale av alle de 14 grunnvannslokalitetene finnes i egne rapporter.

2. TYPELOKALITETER FOR GRUNNVANN I NORGE

Per i dag overvåkes 8 urbane lokaliteter og 6 jordbrukslokaliteter. Av praktiske årsaker har ansvaret for typelokalitetene blitt fordelt mellom institusjonene. NIBIO har kartlagt og overvåker jordbrukslokalitetene Haslemoen, Horpestad, Nedre Eri og Rimstadmoen mens NGU har kartlagt og overvåker de urbane typelokalitetene (Elverum, Gardermoen, Kongsberg, Mosjøen, Orkanger, Otta, Odda og Sunndalsøra) og to jordbrukslokaliteter; Grødal og Overhalla. En oversikt over alle lokalitetene er gitt i **Feil! Ugyldig selvreferanse for bokmerke.** og den geografiske plasseringen er vist på kartet i Figur 1.

Tabell 1: Oversikt over typelokalitetene.

Typelokalitet	Jordbruk / urban	Fylke	Kommune	Tilhørende grunnvannsforekomst	Ansvarlig
Elverum	Urban	Innlandet	Elverum	002-724-G Glåmdalen-Østerdalen	NGU
Gardermoen	Urban	Viken	Ullensaker og Nannestad	002-736-G Gardermoen	NGU
Grødal	Jordbruk	Møre og Romsdal	Sunndal	109-678-G Sunndalen	NGU
Haslemoen	Jordbruk	Innlandet	Våler	002-724-G Glåmdalen-Østerdalen	NIBIO
Horpestad	Jordbruk	Rogaland	Klepp	028-535-G Frøylandsvatnet - Horpestad	NIBIO
Kongsberg	Urban	Viken	Kongsberg	Er ikke tilknyttet en administrativ grunnvannsenhet. Nærmeste forekomst: 015-29-G Kongsberg Nord	NGU
Mosjøen	Urban	Nordland	Vefsn	Er ikke tilknyttet en administrativ grunnvannsenhet. Nærmeste forekomst: 151-1028-G Mattismoen	NGU
Nedre Eri	Jordbruk	Vestland	Lærdal	073-757-G Lærdal	NIBIO
Orkanger	Urban	Trøndelag	Orkdal	121-797-G GV-Orkla_Nord	NGU
Otta	Urban	Innlandet	Sel	002-133-G Otta	NGU
Odda	Urban	Vestland	Odda	048-1026-G Odda sentrum	NGU
Overhalla	Jordbruk	Trøndelag	Overhalla	139-864-G Overhalla / Grong	NGU
Rimstadmoen	Jordbruk	Vestfold og Telemark	Larvik	015-746-G Numedal 2	NIBIO
Sundalsøra	Urban	Møre og Romsdal	Sunndal	109-678-G Sunndalen	NGU



Figur 1: Lokalisering av typelokaliteter for grunnvann. Jordbrukslokaliteter er markert med røde sirkler, mens urbane typelokaliteter er vist i blått.

3. METODER

Prøvetakingsrutinene for grunnvannet varierer noe mellom NGU og NIBIO. Det er ønskelig at rutinene i den framtidige overvåkingen harmoniseres for å sikre gode prøver og analyseresultater.

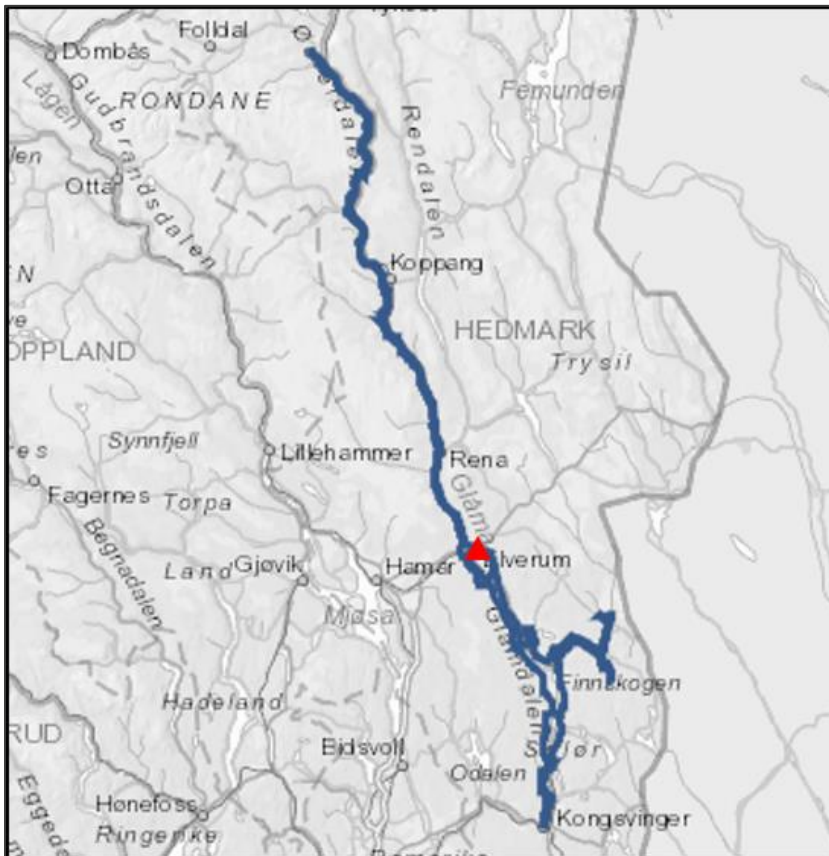
Feltrutinene for NIBIO og NGU er presentert i henholdsvis Vedlegg 1 og 2.

4. URBANE TYPELOKALITETER

4.1 Elverum

4.1.1 Lokalisering og utvalgskriterier

Typelokalitet Elverum er lokalisert i sentrum av Elverum i Innlandet fylke og er en del av den store administrative enheten grunnvannsforekomst Glåmdalen – Østerdalen (se Figur 2). Denne grunnvannslokaliteten er veldig stor og det er per i dag ikke fastlagt noen avgrensning av typelokaliteten i Elverum sentrum.



Figur 2: Utstrekning på den administrative grunnvannsforekomsten 002-724-G Glåmdalen – Østerdalen (www.vann-nett.no). Typelokalitet Elverum er markert med en rød trekant.

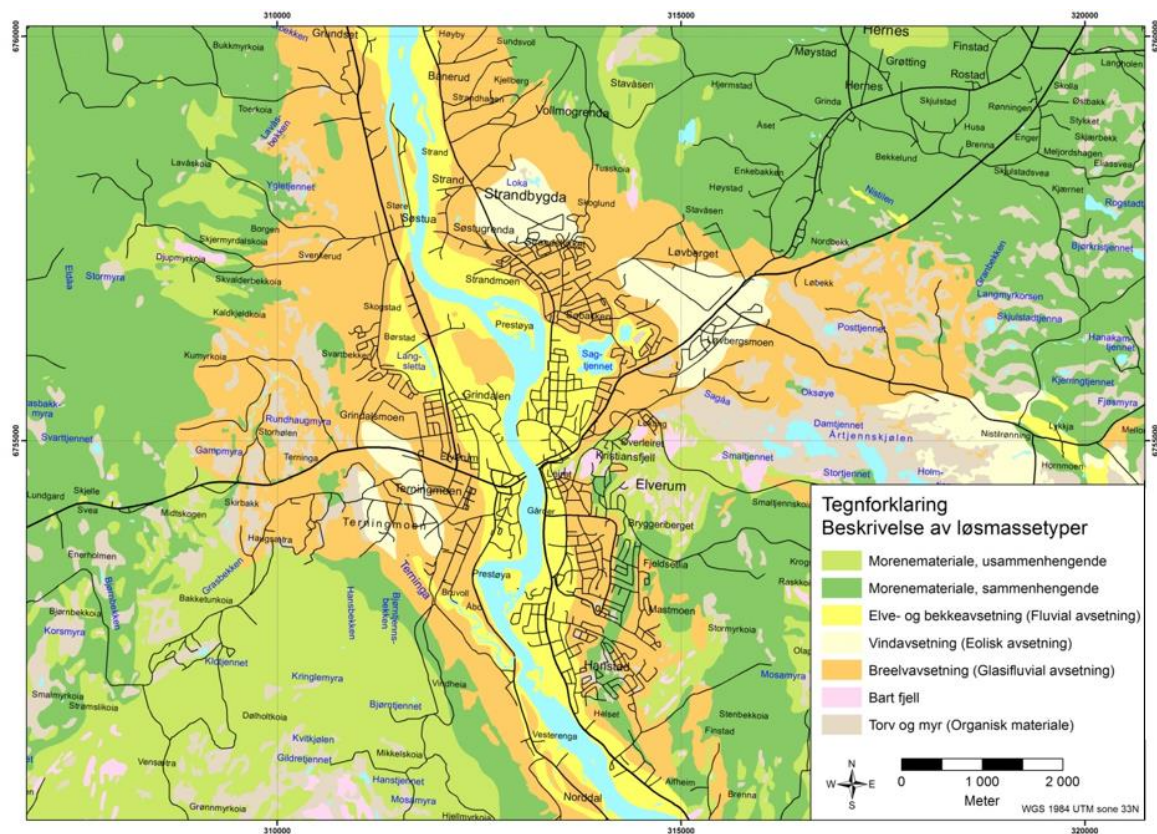
Lokaliteten er valgt ut for å representere fluviale elveterrasser av permeabel sand og grus med stedvis liten umettet sone, og der mesteparten av nydanning av grunnvann skjer ved nedbørsinfiltrasjon på selve avsetningen (selvmatende akvifer) samt noe infiltrasjon fra Glomma ved flomvannsføring i vassdraget. Potensiell belastning på grunnvannets kjemiske tilstand i Elverum sentrum er generell urbanisering og industri.

Det understrekes at denne typelokaliteten ikke er representativ for hele grunnvannsforekomsten Glåmdalen-Østerdalen som den er administrativt knyttet til da denne forekomsten er stor og med svært varierende belastning. Det forventes imidlertid at belastningen på grunnvannet under Elverum sentrum er gjennomgående betydelig større enn for grunnvannsforekomsten for øvrig.

Grunnvannsforekomst Elverum ligger i en sone med innlandsklima med relativt lite nedbør (≈ 550 mm/år) og med kalde, snørike vintre og varme, tørre somre.

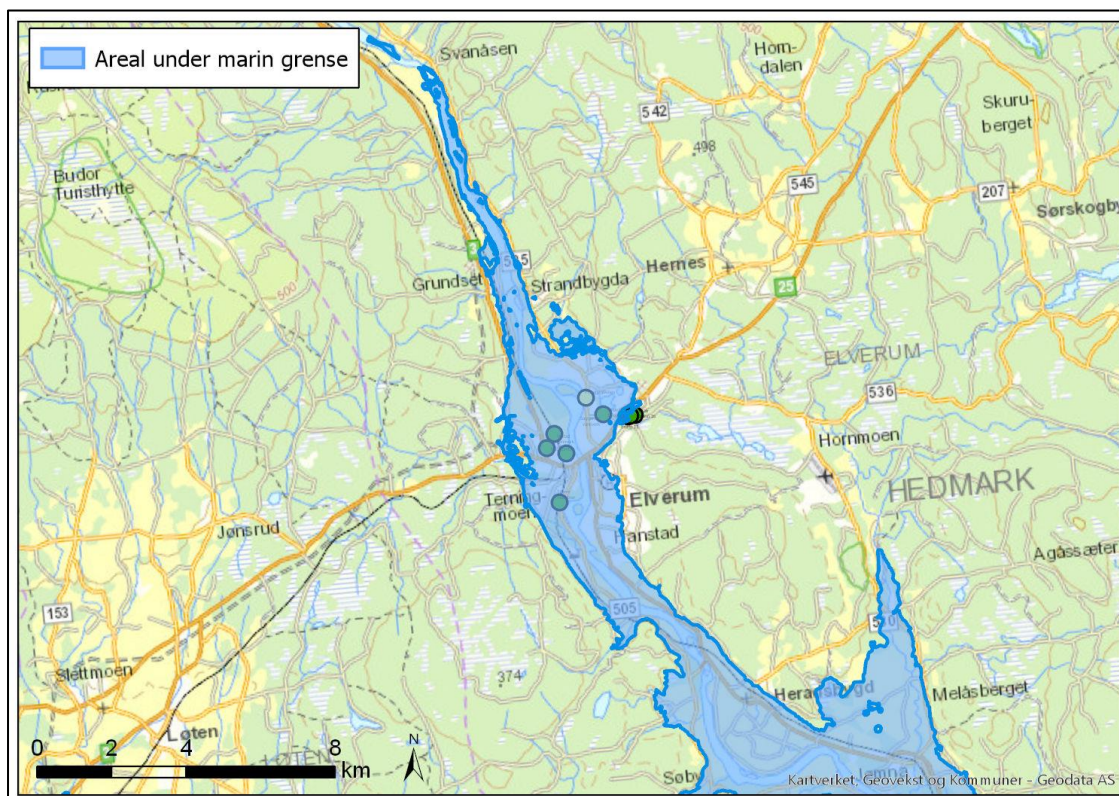
4.1.2 Løsmassegeologi

Området i og rundt Elverum er dekket med sedimenter fra siste istid som senere er erodert og resedimentert av Glomma og mindre sidevassdrag (Bargel 1982, 1983). Det som er markert med grønt på kartet under er kartlagt som morene avsatt av innlandsisen (se Figur 3) mens oransje farge viser grus, sand og silt avsatt av breelver på slutten av siste istid (oransje). Gul farge viser avsetninger av sortert materiale av silt, sand og grus som er erodert og resedimentert av elver og bekker. Lys gul farge viser finkornig sand som er fraktet og avsatt av vind (eoliske avsetninger) og som det finnes mye av i øvre Ydalir massetak, og flere andre steder rundt Elverum. Stedvis stikker fjellblotninger opp og er vist med lys rosa farge på det kvartærgeologiske kartet. Områder med torv (organisk materiale) er vist med gråbrun farge.



Figur 3: Kvartærgeologisk kart over Elverum (www.ngu.no).

I Østerdalen er havet rett etter siste istid antatt å ha gått helt opp til Svea, ca 12 km nord for Elverum sentrum (Figur 4). På overflaten og i de områder som er undersøkt i detalj er det ikke påvist marine avsetninger. Dersom marine sedimenter ble avsatt i fjordbassenget etter at isen smeltet tilbake er disse sedimentene trolig erodert bort i ettertid av elver og bekker. Det kan imidlertid ikke utelukkes at marine sedimenter kan forekomme i dypet i avsetningene.



Figur 4: Marin grense i Elverum (www.ngu.no).

4.1.3 Hydrogeologi

Elverum sentrum preges av løsmasser avsatt av breelver og elver, og som domineres av kornstørrelser i sand- og grusfraksjonen. Karakteristisk for disse løsmassene er høy porøsitet og permeabilitet, noe som gjør at størstedelen nedbøren som faller på avsetningen infiltrerer direkte ned i grunnen og bidrar nydanning av grunnvann. Lengre oppe i dalsidene med morenemateriale og eksponerte fjelloverflater kan en imidlertid forvente mindre direkteinfiltrasjon og en noe raskere overflateavrenning til elver og bekker. De fleste av disse vannløpene dreneres igjen ned til Glomma (Gaut et al 1981, s. 47). Kalskin og Hilmo (1999) kartla løsmassedekket i Elverum som gjennomgående mektig og med en porøs og permeabel overflate av sand/finsand som gjør at relativt lite av nedbøren renner av på overflaten. I den sørøstre delen av Elverum er løsmassedekket tynnere med spredte fjellblotninger, noe som fører til raskere avrenning til bekker og elver.

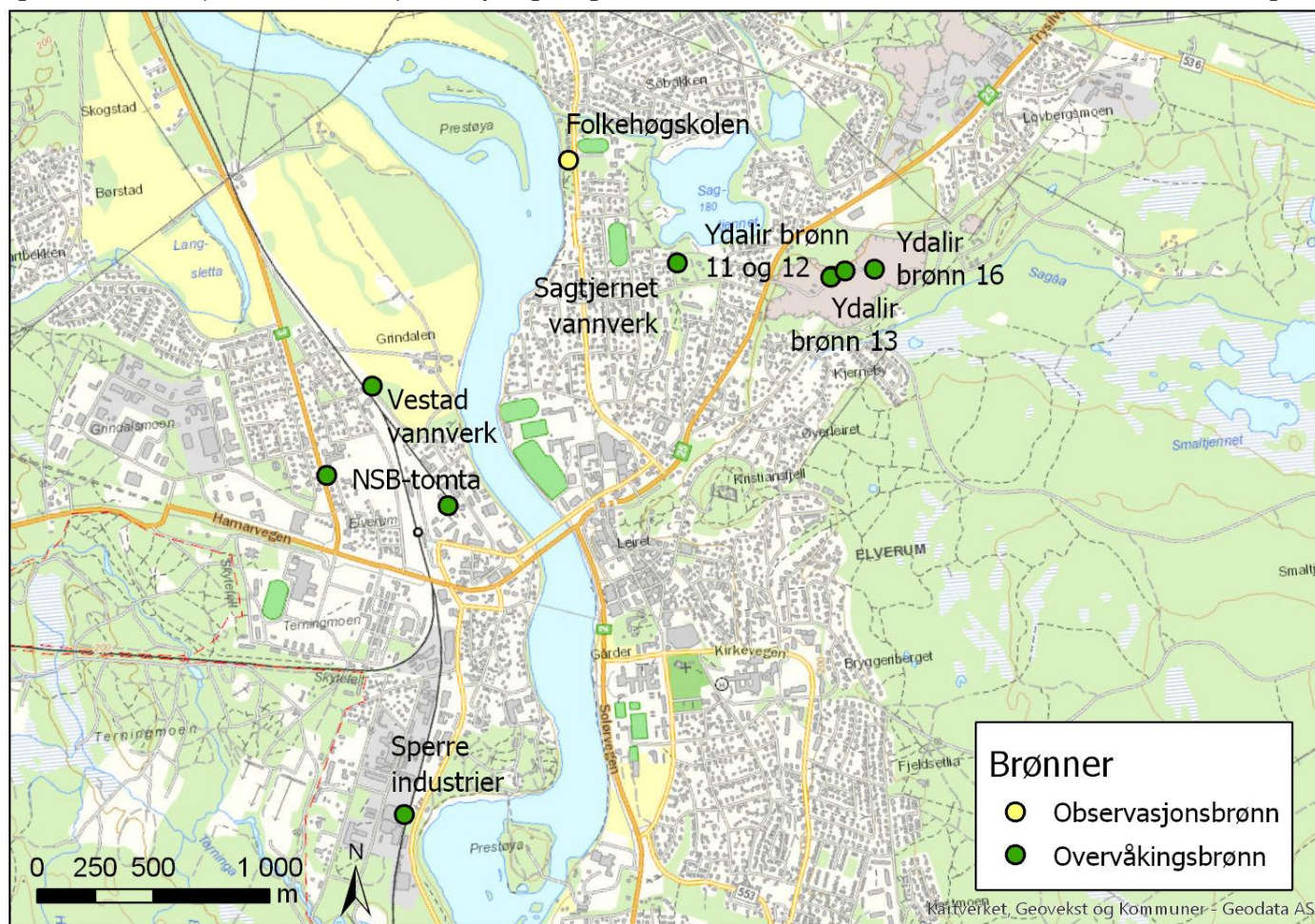
Ifølge Haugen (2015) sine analyser av alle i grunnvannsdatabasen GRANADAs registrerte brønner og sonderboringer i Elverum, er gjennomsnittlig dyp til fjell 18,5 m og dyp til grunnvannsspeilet 7,6 m under terreng.

På kartet i Figur 5 vises en oversikt over alle brønnene som utgjør overvåkningsnettet i Elverum. Mange av disse brønnene var etablert tidligere i forbindelse med andre hydrogeologiske prosjekter. Brønnene i det tidligere sandtaket Ydalir ble etablert i perioden september til november 2016 i forbindelse med grunnundersøkelser for etablering av en ny bydel i dette området. Løsmassene i området består i all hovedsak av sandige masse, både fra den fine og den grove fraksjonen. Bortsett fra sand viser boreloggene også silt, tynne lag med leire og grus. Dyp til fjell ligger på noe over 20 m. Grunnvannstanden varierer betydelig mellom brønnene og ligger på 1,5-8 m under terrenget. Brønnene på Ydalir har etter hvert blitt fjernet for å gi plass til utbyggingen i dette området.

Brønnen på NSB-tomten ble etablert i september 2016. Boreloggen viser sandige masser i nesten hele boreprofilens lengde. Fra 23 m dybde er det registrert grus og brønnfilteret går fra 23 m til fjellkontakten på 28 m dyp. Brønnen er utført i PEH materialet godkjent for miljøundersøkelser.

I brønnene som benyttes til overvåkingen av kjemisk tilstand av grunnvannet er det installert digitale loggere for kontinuerlig logging av grunnvannsnivå, temperatur og grunnvannets elektriske ledningsevne.

Hovedrapporten for typelokalitet Elverum inneholder mer detaljert informasjon om løsmassegeologien og de hydrogeologiske forholdene (Seither et al 2019). Den hydrogeologiske beskrivelsen ovenfor må derfor anses som noe ufullstendig.



Figur 5: Oversikt over beliggenhet av brønnene i Elverum. Observasjonsbrønnen ved Folkehøgskolen benyttes kun til logging av vannstand og vanntemperatur.

4.1.4 Prøvetaking og analyser

I perioden juni 2016 til oktober 2018 ble det ved seks anledninger tatt ut vannprøver til fysikalske og kjemiske analyser fra overvåkingsbrønnene. Det ble benyttet senkepumpe for uttak av grunnvannsprøvene. Antall grunnvannsprøver som totalt er tatt fra hver brønn varierer og er avhengig av etableringstidspunkt og eventuelt fjerning av brønner (som i Ydalir).

I forbindelse med uttak av vannprøver ble det også utført feltmålinger av pH, elektrisk ledningsevne, temperatur og alkalitet. Det ble også utført manuelle målinger av grunnvannsnivå og avlesning av utplasserte digitale loggere. Vannprøvene ble sendt så hurtig som mulig etter uttak til kjemisk laboratorium for analyse av en rekke uorganiske elementer og forbindelser samt et utvalg organiske stoffer. I 2016 og 2017 ble vannprøvene analysert ved Eurofins mens vannprøvene fra 2018 ble analysert ved ALS. Begge laboratorier er akkreditert for de utførte vannanalysene.

4.1.5 Resultater vannanalyser 2016 – 2018

Tabell 2 og Tabell 3 vises en sammenstilling av de viktigste analyseresultatene fra de utførte undersøkelsene. Et større utvalg av analyseresultater finnes i vannmiljødatabasen (<https://vannmiljo.miljodirektoratet.no/>). En fullstendig oversikt over samtlige utførte vannanalyser frem til høsten 2018 finnes i hovedrapporten for typelokalitet Elverum (Seither et al 2019).

Totalt sett viser de utførte vannanalysene at grunnvannet i det undersøkte området har god kjemisk tilstand, men det finnes noen unntak.

Det måles lave konsentrasjoner av ammonium, og lave til noe forhøyede konsentrasjoner av nitrat og sulfat. Konsentrasjonen av klorid er noe forhøyet i prøver fra overvåkingsbrønnene ved Vestad skole og Sagtjernet vannverk. I to grunnvannsprøver fra Sagtjernet vannverk er kloridkonsentrasjonen nære vendepunktverdien. Det forventes at nærhet til veier med vintersalting kan være årsaken til de forhøyde kloridverdiene.

Bly-, kadmium- og kvikksølv- konsentrasjonene er gjennomgående lave eller under deteksjonsgrensen i alle grunnvannsprøvene. Arsen er detektert i noe forhøyet konsentrasjon (men under vendepunktverdien) i en vannprøve fra Vestad skole. Kobberkonsentrasjonen er meget lav i alle grunnvannsprøvene fra alle brønnene unntatt i prøver fra brønnen på NSB-tomta. Fem av seks grunnvannsprøver herfra overskrider den norske grenseverdien for drikkevann (100 µg/l). Til sammenligning er grenseverdien 2000 µg/l i EU.

Et utvalg av fire forskjellige PCB-forbindelser ble påvist i en prøve fra Vestad vannverk og den flyktige organiske komponenten 1,2-Dibrometan ble påvist i en vannprøve fra brønnen på NSB-tomten. PAH-forbindelser ble påvist i grunnvannsprøver fra alle brønner, i til sammen 16 prøver. Den mest vanlige forbindelsen som ble påvist er naftalen (12 prøver). Acenaften ble påvist i fire prøver. Den karsinogene PAH-forbindelsen Krysen ble påvist i en prøve. Alle funn av organiske forbindelser i de analyserte vannprøvene har imidlertid meget lave konsentrasjoner.

I fem overvåkingsbrønner ble det utført automatiske målinger av grunnvannets elektriske ledningsevne. I grunnvannet ved NSB-tomten er verdien for elektrisk ledningsevne konstant over tid, slik at det må testes om loggeren eventuelt er defekt. Grunnvann i brønnene ved Sagtjernet vannverk, Vestad vannverk, Sperre industrier og Vestad skole viser stabil elektrisk ledningsevne med små endringer over tid. Dette indikerer at grunnvannets kjemiske sammensetning varierer forholdsvis lite over tid, og at resultatene fra de utførte vannanalysene ansees som representative for grunnvannet ved brønnene i måleperioden. Ledningsevnen i grunnvannet i brønnen ved Sperre industrier varierer mye mellom 120-260 µS/cm. Det ble ikke tatt ut grunnvannsprøver på tidspunkter der elektrisk ledningsevne var på det høyeste, men det ble tatt prøver under forholdsvis høy ledningsevne. Analyseresultatene fra disse prøvene anses derfor som representative for grunnvannets kjemiske sammensetning ved denne brønnen i måleperioden.

4.1.6 Oppsummering kartlegging kjemisk tilstand typelokalitet Elverum

Det er påvist PCB-, VOC-, og PAH-forbindelser i noen av de uttatte grunnvannsprøvene men i meget lave konsentrasjoner. Det måles også lave konsentrasjoner av ammonium og lave til noe forhøyede konsentrasjoner av nitrat, sulfat og klorid. Bly-, kadmium- og kvikksølv-konsentrasjonene er gjennomgående lave eller under deteksjonsgrensen i alle grunnvannsprøver.

Det mest kritiske funnet er at grunnvannet ved NSB-brønnen inneholder kobberkonsentrasjoner som overskrider den norske grenseverdien for drikkevann på 100 µg/l.

Kartlegging og overvåking av grunnvannskjemi i overvåkingsbrønnene viser samler sett at typelokalitet Elverum har god kjemisk tilstand i måleperioden juni 2016 - oktober 2018, men at det registreres store lokale forskjeller i vannkjemi. Tidsserier over grunnvannets elektriske ledningsevne i overvåkingsbrønnene viser at grunnvannsprøvene som ble analysert er representative for grunnvannets kjemiske sammensetning i brønnene i overvåkingsperioden.

Tabell 2: Analyseresultater for utvalgte kjemiske laboratorieanalyser av grunnvannsprøver fra brønnene i Elverum. Det er ikke etablert vendepunkt- eller terskelverdi for kobber og sink, men noen analyseverdier for disse metallene er uthevet da de viser forhøyde verdier ut over forventede naturlige konsentrasjoner.

	Dato	NH4-N	Klorid	Nitrat	Sulfat	Arsen	Bly	Kadmium	Kobber	Kvikksølv	Sink
		µg/l	mg/l	mg NO3/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Terskelverdi		500	200	50	100	10	10	5		0.5	
Vendepunkt		400	150	37.5	75	7.5	7.5	3.74		0.4	
Sperre industrier	10.06.16	-	24.4	13	11.2	<10	<5	<0.5	<5	-	3.8
	16.11.16	<10	19.6	16.4	14.4	<0.20	<0.20	0.02	<0.50	<0.005	<2.0
	13.07.17	<10	16.2	15	12.9	<0.05	<0.05	0.03	0.3	< 0.005	1.5
	15.11.17	<10	21.3	14.1	12.7	<0.05	<0.05	0.02	0.12	0.04	1.2
	04.07.18	<3	20.6	15	15	<0.05	<0.01	0.010	0.284	<0.002	1.12
	16.10.18	17	24.9	20	15	<0.05	<0.01	0.012	0.323	<0.002	1.32
Vestad vannverk	10.06.16	-	10.3	8.4	5.75	<10	<5	<0.5	<5	-	5.5
	16.11.16	<10	15	9.0	7.03	<0.20	<0.20	0.036	0.7	<0.005	5.9
	14.07.17	<10	10.5	6.9	5.98	<0.05	<0.05	0.06	0.53	< 0.005	4.1
	14.11.17	10	20	8.1	2.77	<0.05	<0.05	0.02	0.73	0.04	11
	03.07.18	<3	17.8	7.1	6	0.089	0.012	0.036	0.708	<0.002	7.65
	17.10.18	23	22.2	8.3	7	<0.05	1.29	0.045	0.91	<0.002	4.11
Vestad skole	10.06.16	-	95.2	4.3	6.16	<10	<5	<0.5	<5	-	5.3
	16.11.16	<10	58.9	4.8	8.33	<0.20	0.28	0.018	1.3	<0.005	6.9
	13.07.17	11	63.1	4.2	6.32	<0.05	<0.05	0.03	<0.1	< 0.005	3.3
	14.11.17	<10	62.5	5.2	7	<0.05	<0.05	< 0.010	0.23	0.04	7.6
	03.07.18	<3	53.8	5	6	0.233	<0.01	0.015	0.292	<0.002	5.08
	16.10.18	<3	62.9	5.5	7	0.065	3.89	0.018	0.758	<0.002	4.85
Sagtjernet vannverk	10.06.16	-	55.8	10.9	11	<10	<5	<0.5	<5	-	5.1
	16.11.16	<10	60.7	10.8	10.5	<0.20	<0.20	0.024	0.8	<0.005	3.7
	13.07.17	<10	122	17	11.3	0.13	<0.05	0.03	1.84	< 0.005	32.5
	15.11.17	<10	140	17.2	14.4	0.121	<0.05	0.02	1.35	0.03	9.7
	04.07.18	<3	78.1	11	12	0.106	0.014	0.017	1.03	<0.002	4.8
	16.10.18	13	77.3	12	12	0.122	1.28	0.014	0.873	<0.002	2.41
NSB-tomta	17.11.16	<10	7.11	5.5	20.5	<0.20	<0.20	0.62	100	<0.005	340
	14.07.17	<10	7.43	6	21.7	<0.05	0.061	0.46	54.9	< 0.005	265
	15.11.17	<10	8.9	6.9	57.6	<0.05	0.095	1.2	237	0.04	817
	04.07.18	<3	6.94	6	32	<0.05	0.048	0.794	108	<0.002	428
	16.10.18	9	9.13	6.2	41	0.052	0.062	1.09	190	<0.002	565
	16.10.18 (DUBL.)	7	8.96	6.5	41	<0.05	0.064	1.12	193	<0.002	571
Ydalir-b. 11	17.11.16	44	4.2	0.1	9.2	0.66	<0.20	0.051	0.66	<0.005	<2.0
	15.11.17	120	3.79	0.4	8.07	0.444	0.111	0.07	0.85	0.03	6.1
Ydalir-b.12	23.11.16	-	-	-	-	<10	<5	<0.5	<5	-	7.3
Ydalir-b. 13	13.07.17	250	6.34	0.2	4.45	0.586	0.106	0.02	0.38	< 0.005	1.9
Ydalir-b. 16	15.11.17	320	2.27	0.2	1.66	0.442	0.256	<0.03	0.45	-	1.5

"-" = ikke analysert,

Tabell 3: Funn av organiske forbindelser i grunnvannsprøvene. Det ble funnet tre PAH-forbindelser i prøvene. I en vannprøve ble det funnet fire ulike PCB-forbindelser. Av flyktige organiske komponenter (VOC) ble det kun funnet en forbindelse. Verken totale hydrokarboner eller BTEX ble påvist i noen av prøvene.

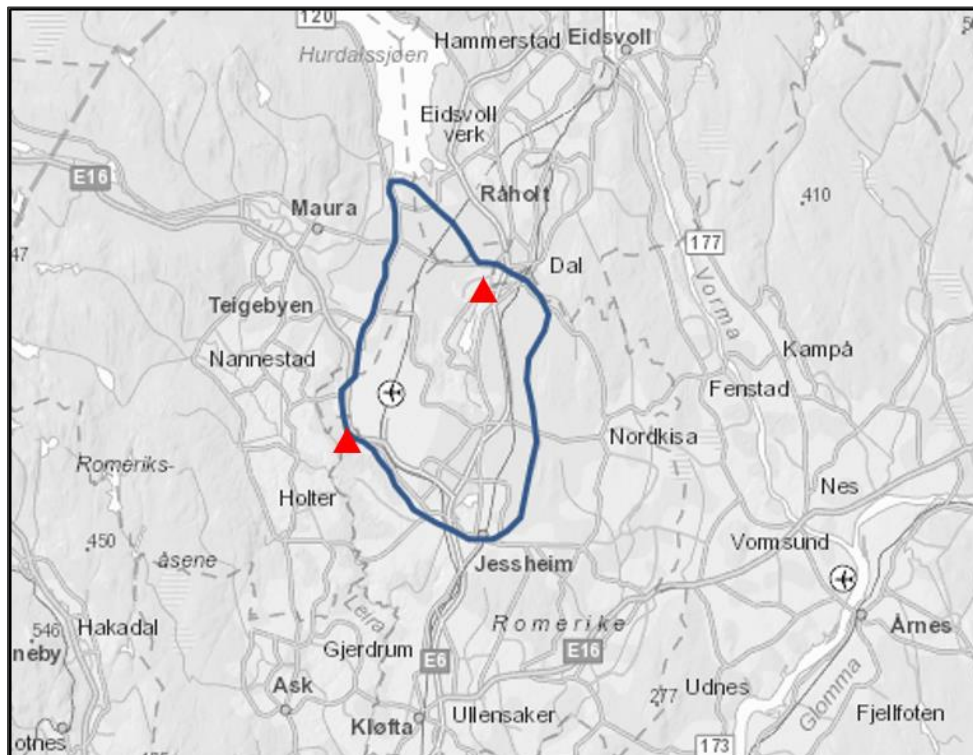
	Dato	PAH					PCB					VOC
		Naftalen	Acenaften	Krysen	Sum PAH(16)	Sum PAH karsinogen	PCB 101	PCB 138	PCB 153	PCB 180	Sum 7 PCB	1,2-Dibrometan
		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Sperre industrier	10.06.2016	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	16.11.2016	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	n.d.	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	<0.10
	13.07.2017	0.01	<0.010	<0.010	0.01	n.d.	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	< 0.10
	15.11.2017	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	n.d.	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	< 0.10
	04.07.2018	<0.030	<0.010	0.012	0.012	0.012	-	-	-	-	-	-
	16.10.2018	<0.030	<0.010	<0.010	n.d.	n.d.	-	-	-	-	-	-
Vestad vannverk	10.06.2016	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	16.11.2016	0.022	<0.010	<0.010	0.022	n.d.	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	<0.10
	14.07.2017	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	n.d.	0.02	0.04	0.05	0.03	0.13	< 0.10
	14.11.2017	0.01	<0.010	<0.010	0.01	n.d.	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	< 0.10
	03.07.2018	<0.030	<0.010	<0.010	n.d.	n.d.	-	-	-	-	-	-
	17.10.2018	<0.030	0.015	<0.010	0.015	n.d.	-	-	-	-	-	-
Vestad skole	10.06.2016	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	16.11.2016	0.026	<0.010	<0.010	0.026	n.d.	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	<0.10
	13.07.2017	0.02	<0.010	<0.010	0.02	n.d.	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	< 0.10
	14.11.2017	0.01	<0.010	<0.010	0.01	n.d.	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	< 0.10
	03.07.2018	<0.030	<0.010	<0.010	n.d.	n.d.	-	-	-	-	-	-
	16.10.2018	<0.030	0.01	<0.010	0.01	n.d.	-	-	-	-	-	-
Sagtjernet vannverk	10.06.2016	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	16.11.2016	0.018	<0.010	<0.010	0.018	n.d.	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	<0.10
	13.07.2017	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	n.d.	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	< 0.10
	15.11.2017	0.01	<0.010	<0.010	0.01	n.d.	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	< 0.10
	04.07.2018	<0.030	<0.010	<0.010	n.d.	n.d.	-	-	-	-	-	-
	16.10.2018	<0.030	0.011	<0.010	0.011	n.d.	-	-	-	-	-	-
NSB-tomta	17.11.2016	0.018	<0.010	<0.010	0.01	n.d.	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	<0.10
	14.07.2017	0.02	<0.010	<0.010	0.02	n.d.	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	< 0.10
	15.11.2017	0.03	<0.010	<0.010	0.03	n.d.	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	0.10
	04.07.2018	<0.030	<0.010	<0.010	n.d.	n.d.	-	-	-	-	-	-
	16.10.2018	<0.030	<0.010	<0.010	n.d.	n.d.	-	-	-	-	-	-
	16.10.2018 (DUB.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ydalir-b. 11	17.11.2016	0.017	<0.010	<0.010	0.017	n.d.	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	<0.10
	15.11.2017	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	n.d.	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	< 0.10
Ydalir-b. 12	23.11.2016	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Ydalir-b. 13	13.07.2017	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0.10	
Ydalir-b. 16	15.11.2017	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

"-" = ikke analysert; "n.d." = ikke

4.2 Gardermoen

4.2.1 Lokalisering og utvalgskriterier

Typelokalitet Gardermoen er lokalisert ved Oslo lufthavn i Ullensaker og Nannestad kommuner, og er en del av den større grunnvannsforekomsten 002-736-G Gardermoen (se kart i Figur 6). Grunnvannsforekomsten regnes for å være Norges største akvifer og dekker et areal på hele 76 km².



Figur 6: Utstrekning på den administrative grunnvannsforekomsten 002-736-G Gardermoen (www.vann-nett.no). Undersøkelsesområdene for typelokalitet Gardermoen er markert med røde trekkanter.

I motsetning til de andre utvalgte typelokalitetene så er ikke Gardermoen en typisk grunnvannsforekomst som kan representere andre grunnvannsforekomster i Norge. Som Norges største akvifer er det likevel naturlig å inkludere grunnvannsforekomsten i overvåkingsprogrammet for belastede grunnvannsforekomster.

Størrelsen på grunnvannsforekomsten kombinert med mangfoldig arealbruk gir mange potensielle kilder til forurensning av grunnvannet, noe som gjør det krevende å få etablert representativ overvåking av grunnvannsforekomsten. Det er valgt å fokusere kartleggingen til to områder, som ligger på hver sin side av et grunnvannsskille. I begge områdene prøvetas vassdrag der vannføringen i all hovedsak er basert på grunnvannstilførsel fra store nedbørsfelt som dekker størstedelen av grunnvannsforekomsten. Overvåkningen av disse vassdragene kan derfor ansees som en regional overvåking av tilnærmet hele grunnvannsforekomsten, og som kan gi informasjon om den regionale kjemiske tilstanden til grunnvannet. I tillegg overvåkes noen mindre grunnvannskilder med betydelig mindre nedbørsfelt for å kunne kartlegge grunnvannets kjemiske tilstand i mer avgrensede områder av grunnvannsforekomsten.

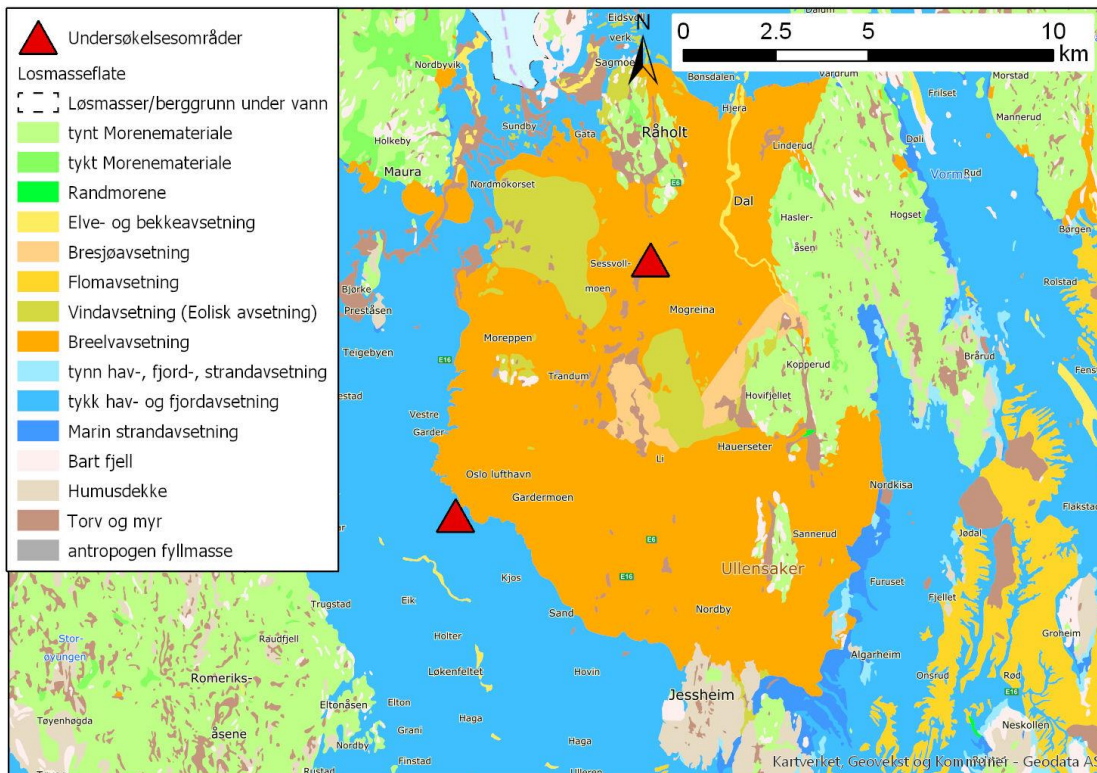
I det sørlige overvåkingsområdet er det aktiviteter tilknyttet Oslo lufthavn som utgjør den største belastningen for grunnvannet. I det nordlige området utgjør jordbruk og veier den største potensielle forurensningskilden, selv om det også her er muligheter for påvirkning fra flyplassaktiviteten.

Klimatisk ligger grunnvannsforekomst Gardermoen i en sone med innlandsklima, der somrene er varme og vintrene kalde. Årsmiddeltemperatur for normalperioden ligger på kun 3,8 °C. Det regner cirka 860 mm i året, hvorav mesteparten av nedbøren faller om høsten.

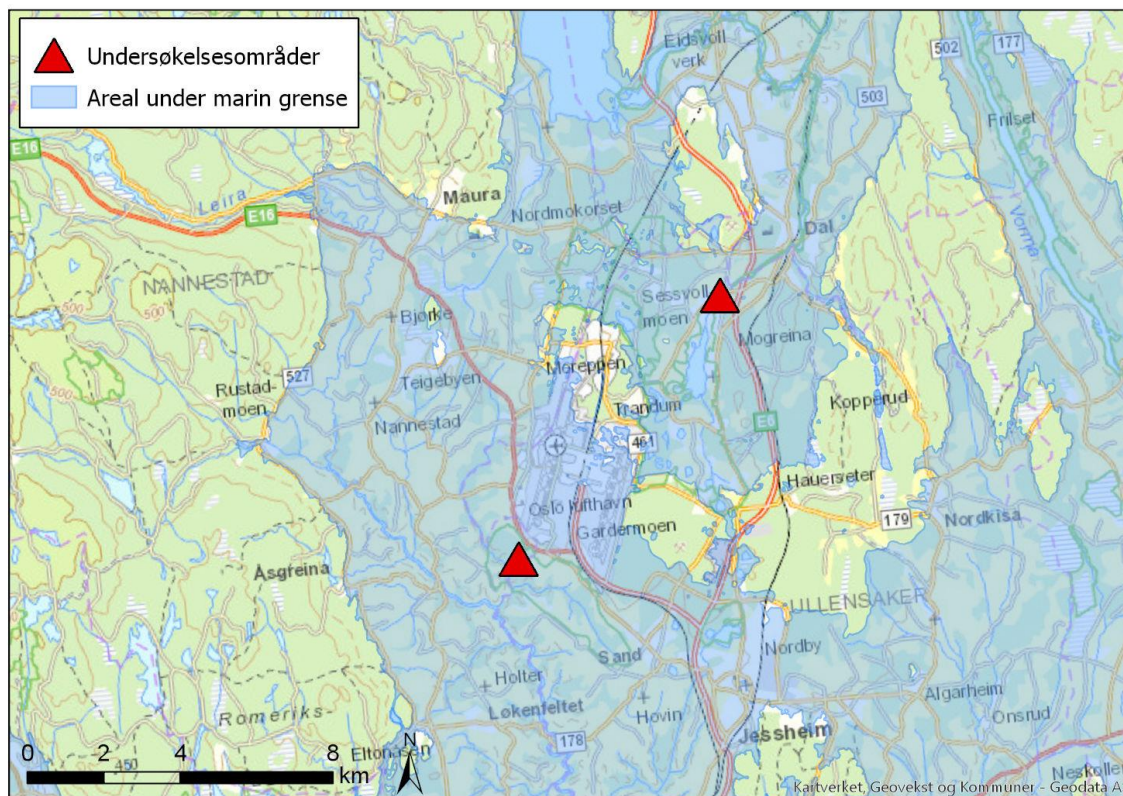
4.2.2 Løsmassegeologi

Grunnvannet på Gardermoen er knyttet til store sand- og grusavsetninger (se kvartærgeologisk kart i Figur 7) fra isavsmeltingen under siste istid. Store mengder smeltevann førte med seg sand og grus som dannet et stort delta der breelvae møtte havet. Nærmest isen avsatte breelvae løsmasser opp mot og over havnivået, som den gang lå ca. 205 meter høyere enn i dag (se kartet i Figur 8), og bygde opp en sandur (=breelvslette) av grovt, grus- og steinrikt materiale over deltaavsetningene. De mer finkornige sand- og grusmassene ble ført lenger utover på deltaet før det ble avsatt. Resultatet

av disse avsetningsprosessene vises i dag som mektige av sand og grusavsetninger i sør og vest og et lavere liggende, sandig område i nord. En rekke runde vann eller fordypninger i terrenget, dødisgroper eller grytehull, nord for Gardermoterrassen, skyldes smelting av store isblokker som ble begravd i løsmassene. Studier av avsetningshistorikken indikerer at iskontaktdeltaet ble avsatt for ca. 9500 år siden i løpet av et meget kort tidsrom på rundt 70 år. Tidsrommet for avsetningen av disse massene ved Hauer seter på Romerike omtales i den geologiske litteraturen som Hauer setertrinnet (Longva & Thoresen, 1989). Senere landheving førte til betydelig erosjon i de omliggende finkornige fjordsedimentene, og har gitt opphav til det karakteristiske ravinlandskapet langs elvæ Sogna og Vikka sør og vest for Gardermoakviferen.



Figur 7: Kvartærgeologisk kart området (www.ngu.no).



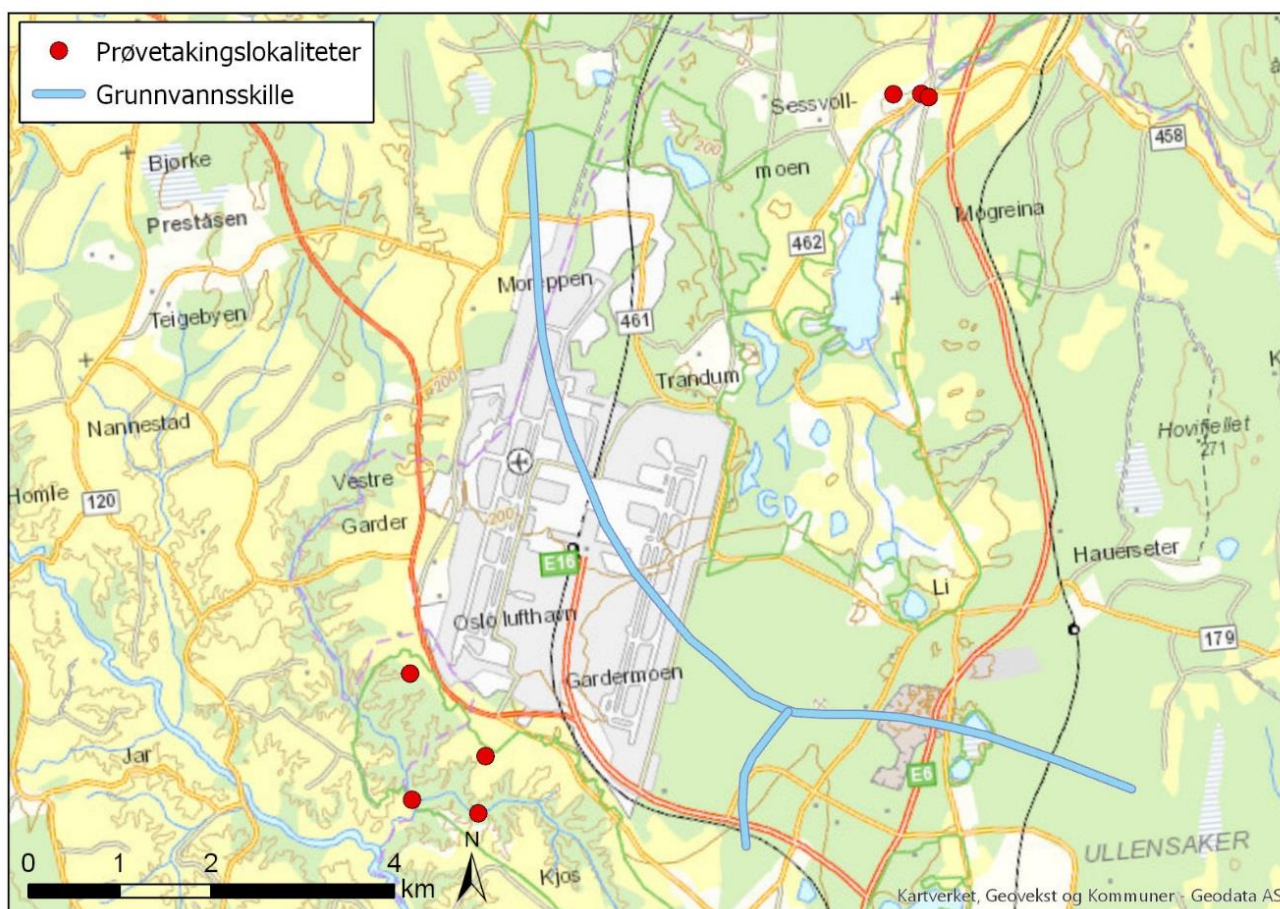
Figur 8: Marin grense ved Gardermoen (www.ngu.no).

4.2.3 Hydrogeologi

Som følge av Gardermoakviferens betydelige størrelse i nasjonal sammenheng har det blitt utført flere hydrogeologiske undersøkelser i dette området. Den viktigste regionale undersøkelsen ble utført i forbindelse med utarbeidelsen av det hydrogeologiske kartet over Øvre Romerike utført av NGU på 1970-tallet (Østmo, 1976).

Disse studiene viser at det går et grunnvannsskille i retning nordvest-sørøst omtrent midt over dagens flyplassområde (se en forenklet versjon i Figur 9). I henhold til de hydrogeologiske undersøkelsene ligger grunnvannsskillet på cirka kote 190 moh, mens grunnvannsnivået er cirka 182 moh i nord og 188 moh i sør. Den vestlige og sørlige delen av området drenerer via bekker i ravineområdet til elvæ Sogna og Vikka og videre ut til elva Leira. Den nordlige delen av området drenerer til grytehullsjøene (deriblant Hersjøen) og videre til elva Risa i vannområde Hurdalsvassdraget. Risas eneste vanntilførsel er grunnvann, og vannbalanse og vannkvalitet i Risa er dermed styrt av grunnvannskjemien og utstrømning av grunnvann fra grunnvannsmagasinet.

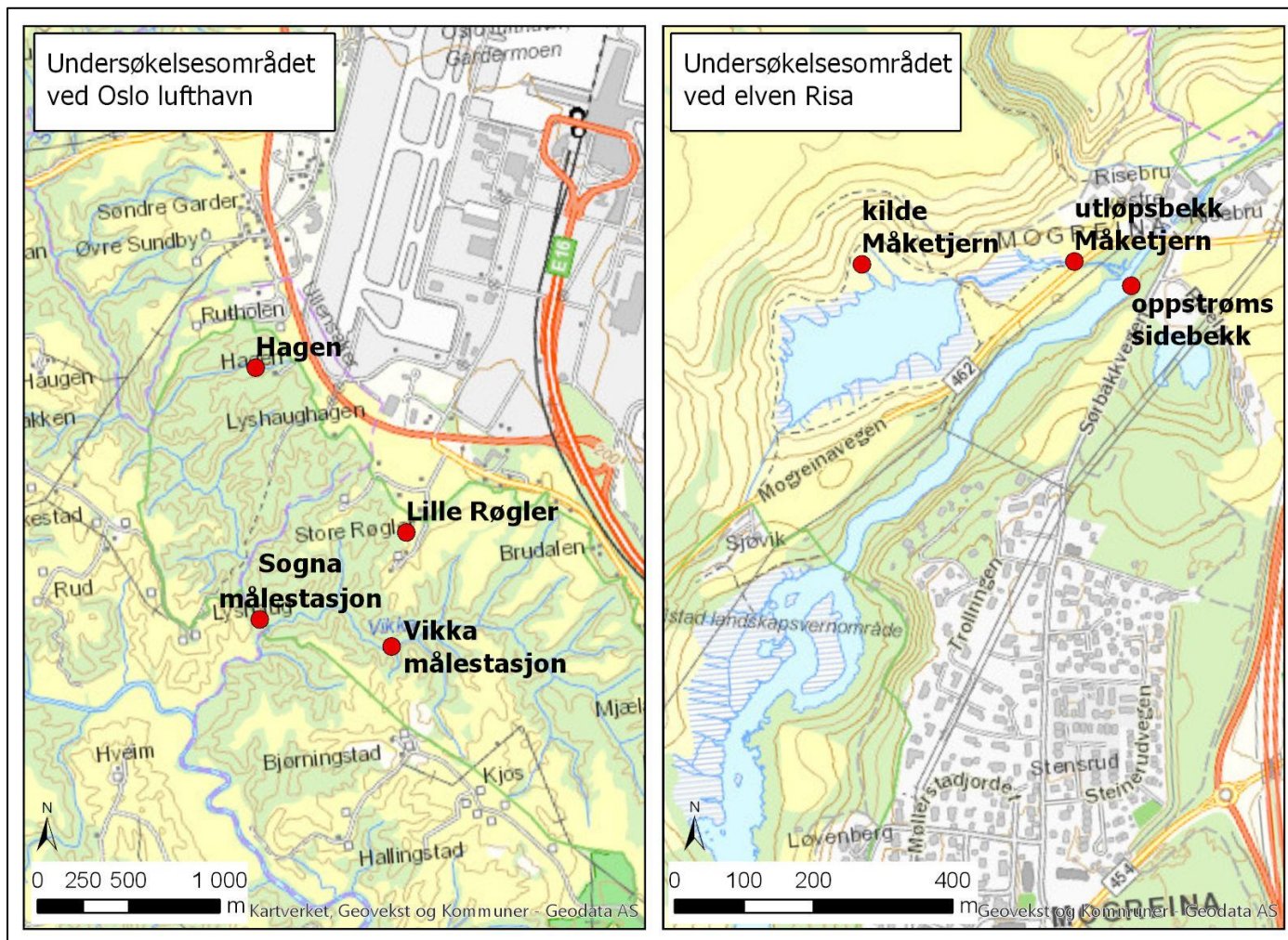
Grunnvannsmagasinet på Gardermoen er selvmatende, dvs. at all nydanning av grunnvann skjer gjennom infiltrasjon av nedbør som faller på avsetningen, og blir ikke tilført vann fra tilstøtende vassdrag.



Figur 9: Omtrentlig plassering av grunnvannsskillet (lysblå strek) mellom Hurdalsvassdraget i nord og Leira-Nitelva vassdraget i sør (Kilde: Østmo 1976). Prøvetakingslokaliteter er vist med røde punkter.

I ravineområdet sør for grunnvannsskillet finnes mange diffuse kildeutspring i overgangen mellom det grovere topplaget av breelvsavsetninger og de underliggende finkornige marine sedimentene. Utstrømning av grunnvannet fra disse kildene samles til mindre kildebekker i ravinedalene. Prøvelokalitetene «Hagen» og «Lille Røgler» er lokalisert i slike grunnvannsmatede kildebekker og ligger cirka 100 m nedstrøms selve kildeutspringene. Prøvetakingslokalitetene ved målestasjonene «Vikka» og Sogna» er mindre elver som tilføres grunnvann fra hele det sørlige og vestlige nedbørsområdet på grunnvannsforekomsten. I tillegg tilføres elvæ noe overflateavrenning fra ravinebekkene i områdene med marine avsetninger sør og vest for grunnvannsmagasinet.

Nord for grunnvannsskillet overvåkes grunnvannskjemien ved tre lokaliteter: En kilde ved «Måketjernet», kildebekken som danner utløpsbekken fra Måketjernet, samt en prøvelokalitet i elva Risa. En mer omfattende beskrivelse av de hydrogeologiske forholdene kan finnes i hovedrapporten for grunnvannsforekomsten (Dagestad m.fl. 2019).



Figur 10: Oversikt over beliggenhet av prøvetakingspunktene på Gardermoen. På kartet til venstre vises de sørlige lokalitetene som ligger nedstrøms flyplassområdet. På kartet til høyre vises de nordlige lokalitetene ved elva Risa.

4.2.4 Prøvetaking og analyser

I perioden juli 2017 til oktober 2018 ble det ved fire anledninger tatt ut vannprøver til fysikalske og kjemiske analyser fra prøvetakingslokalitetene.

Det ble i forbindelse med uttak av vannprøver også utført feltmålinger av pH, elektrisk ledningsevne, temperatur og alkalitet. I tillegg til uttak av grunnvannsprøver ble det satt ut digitale loggere for automatisk måling av vannivå, elektrisk ledningsevne og grunnvannstemperatur ved målestasjonene Sogna, Vikka og Måketjern. Disse ble avlest i forbindelse med vannprøvetakingene. Vannprøvene ble sendt så hurtig som mulig etter uttak til kjemisk laboratorium for analyse av en rekke uorganiske elementer og forbindelser utvalg organiske stoffer. For de sørlige målestasjonene ble vannprøvene også analysert for en rekke ulike typer per- og polyfluorerte forbindelser (PFAS). Dette har sammenheng med at PFAS har vært mye brukt i brannskum, deriblant ved brannøvningsfelt på flyplassen. Tidligere utførte miljøundersøkelser har også vist at PFAS lekker ned til akviferen og vassdrag omkring lufthavnen (ref. OSL). PFAS lekker også ut til Sogna via drencsystemer etablert ved flyplassen.

I 2016 og 2017 ble vannprøvene analysert ved Eurofins mens vannprøvene fra 2018 ble analysert ved ALS. Begge laboratorier er akkreditert for de utførte vannanalysene.

4.2.5 Resultater vannanalyser 2017 – 2018

Det er i Tabell 4 og

Tabell 5 vist en sammenstilling av de viktigste analyseresultatene fra de utførte undersøkelsene. Et større utvalg av analyseresultater finnes i vannmiljødatabasen (<https://vannmiljo.miljodirektoratet.no/>). En fullstendig oversikt over samtlige utførte vannanalyser frem til høsten 2019 finnes hovedrapporten for grunnvannsforekomsten (Dagestad m.fl. 2019).

Totalt sett viser de utførte vannanalysene at grunnvannet i de to undersøkte områdene har god kjemisk tilstand, med unntak av PFAS forurensing i kildeområdet nedstrøms flyplassen.

Det måles lave konsentrasjoner av ammonium, og lave til noe forhøyede konsentrasjoner av nitrat og sulfat. Konsentrasjoner av tungmetaller er gjennomgående veldig lave. Det ble påvist ulike BTEX-forbindelser i lave konsentrasjoner i fire grunnvannsprøver fra undersøkelsesområdet nær flyplassen. I åtte vannprøver ble det i tillegg påvist PFAS-forbindelser i konsentrasjoner mellom 0,33-320 ng/L. De tre grunnvannsprøvene med høyest PFAS-konsentrasjon ble tatt ved Sogna målestasjon. Per i dag finnes det ingen grenseverdier for PFAS i vann, men i 2017 ble det foreslått i EU å innføre en grenseverdi på 0,1 µg/L for enkelte PFAS-forbindelser og 0,5 µg/L for summen av alle PFAS for drikkevann. Til sammenligning, så bruker USA en veiledende verdi av 0,07 µg/L. Livsmedelsverket i Sverige anbefaler en grenseverdi på 0,09 µg/L. PFAS-konsentrasjonene i grunnvann ved Sogna målestasjon varierer mellom 0,14-0,32 µg/L og ligger dermed godt over de anbefalte grenseverdiene for drikkevann.

Elektrisk ledningsevne i vannet ble overvåket med automatiske loggere ved tre lokaliteter; ved Vikka og Sogna målestasjon og ved utløpsbekk Måketjern. Elektrisk ledningsevne, og dermed konsentrasjonen av løste ioner i grunnvannet, varierte betydelig i løpet av overvåkingsperioden. Ved utløpsbekk Måketjern varierer elektrisk ledningsevne mellom 140 og 230 µS/cm, men ved en anledning sommeren 2018 økte elektrisk ledningsevne til 350 µS/cm. Det ble ikke tatt vannprøve ved denne hendelsen, men prøvetakingene forøvrig dekker de normale svingningene i elektrisk ledningsevne, og de utførte vannanalysene anses dermed som representative for måleperioden. Ved målestasjonene Vikka og Sogna varierer den elektrisk ledningsevne i grunnvannet også betydelig (Vikka 160-416 µS/cm og ved Sogna 16-750 µS/cm). Selv om det ikke er tatt ut vannprøver i perioder med de høyeste registrerte elektrisk ledningsevnene, forventes det likevel at resultatene fra de utførte vannanalysene er representative for vannets kjemiske tilstand for måleperioden ved samtlige prøvelokaliteter i dette området.

4.2.6 Oppsummering kartlegging kjemisk tilstand

Den utførte prøvetakingen og overvåkingen av typelokalitet Gardermoen viser at grunnvannsforekomst har mange forskjellige forurensningskilder og belastningssituasjonen varierer tilsvarende.

Det måles imidlertid gjennomgående lave konsentrasjoner av ammonium, og lave til noe forhøyede konsentrasjoner av nitrat og sulfat. Konsentrasjoner av tungmetaller er også gjennomgående veldig lave. Det ble påvist ulike BTEX-forbindelser i lave konsentrasjoner i fire grunnvannsprøver fra undersøkelsesområdet nært flyplassen. I åtte vannprøver ble det påvist PFAS-forbindelser. I noen av vannprøvene er PFAS-konsentrasjonene så høye at de ligger godt over de anbefalte grenseverdiene for drikkevann i USA, Sverige og EU.

Totalt sett viser de utførte vannanalysene at grunnvannet i de to undersøkte områdene har god kjemisk tilstand, med unntak av PFAS forurensing i kildeområdet nedstrøms flyplassen samt vassdragene Vikka og Sogna.

Prøvetakingene sammenfaller forholdsvis godt i tid med perioder med registrert høy ledningsevne registrert i vassdrag med loggere, og de utførte vannanalysene betraktes derfor som representative for prøvetakingslokalitetene i måleperioden.

Tabell 4: Analyseresultater for utvalgte kjemiske laboratorieanalyser av vannprøver fra kilder og bekker ved Gardermoen.

	Dato	NH4-N µg/l	Klorid mg/l	Nitrat mg NO3/l	Sulfat mg/l	Fluorid mg/l	Arsen µg/l	Bly µg/l	Kadmium µg/l	Kvikksølv µg/l
Terskelverdi		500	200	50	100		10	10	5	0.5
Vendepunktverdi		400	150	37.5	75		7.5	7.5	3.74	0.4
kildebekk Hagen	11.07.2017	14	7.23	4.16	19.8	0.048	0.176	<0.0	0.03	< 0.005
	22.10.2017	<10	9.43	4.34	15.4	0.035	0.187	<0.0	< 0.010	< 0.005
	22.06.2018	<3	4.91	6.2	22	<0.200	0.182	<0.0	0.006	<0.002
	23.10.2018	<3	6.07	6.4	21	<0.200	0.156	<0.0	0.006	<0.002
kildebekk Sogna målestasjon	11.07.2017	26	26.3	2.34	36.1	0.118	0.3	<0.0	0.04	< 0.005
	22.10.2017	40	19.8	5	33.6	0.076	0.33	0.05	< 0.010	< 0.005
	22.06.2018	5	31.5	3.4	34	<0.200	0.296	0.01	0.006	<0.002
	23.10.2018	14	28.8	2.6	42	<0.200	0.254	<0.0	0.009	<0.002
	23.10.2018 (DUBLETT)	11	29	2.5	42	<0.200	0.27	0.04	0.011	<0.002
kildebekk Vikka målestasjon	12.07.2017	16	25.3	1.73	24.4	0.077	0.334	<0.0	0.02	< 0.005
	21.10.2017	13	25	3.14	26.4	0.053	0.305	<0.0	0.02	< 0.005
	22.06.2018	<3	29	2	30	0.076	0.454	0.01	0.014	<0.002
	22.10.2018	9	28	1.6	30	<0.200	0.299	0.01	0.009	<0.002
kildebekk Lille Røglar	12.07.2017	12	40.1	9.87	24.3	0.052	0.183	<0.0	0.02	< 0.005
	21.10.2017	<10	42.1	10.31	24.5	<0.025	0.186	<0.0	0.02	< 0.005
	22.06.2018	7	38	12	24	0.044	0.215	<0.0	0.013	<0.002
	22.10.2018	<3	29.9	11	26	<0.200	0.204	<0.0	0.01	<0.002
Risa Kilde ved Måketjern	12.07.2017	<10	5.8	13.23	22.3	0.056	0.638	<0.0	0.01	< 0.005
	22.10.2017	<10	3.54	12.17	13.6	0.039	0.577	<0.0	<0.03	-
	21.06.2018	11	5	10	23	0.064	0.692	<0.0	0.011	<0.002
	23.10.2018	5	4.95	11	23	<0.200	0.522	<0.0	0.0102	<0.002
Risa, utløpsbekk Måketjern	12.07.2017	45	4.08	0.41	14.9	0.085	0.839	<0.0	< 0.010	< 0.005
	22.10.2017	55	4.28	1.64	16.8	0.063	0.538	<0.0	<0.03	-
	21.06.2018	72	4	0.32	20	0.081	1.03	0.02	0.005	<0.002
	23.10.2018	68	4.61	0.88	21	<0.200	0.437	0.01	0.002	<0.002
Risa, oppstrøms sidebekk	12.07.2017	13	7.5	<0.066	16.5	0.085	0.242	<0.0	0.01	< 0.005
	22.10.2017	170	8.02	0.27	14.8	0.058	0.285	<0.0	<0.03	-
	21.06.2018	42	8	<0.10	19	0.08	0.278	<0.0	0.003	<0.002
	23.10.2018	66	8.55	0.18	16	<0.200	0.244	<0.0	<0.002	<0.002

"-" = ikke analysert

Tabell 5: Analyseresultater for utvalgte organiske forbindelser. Det ble påvist BTEX-forbindelser og PFAS i flere vannprøver (uthevet). Verken PCB, PAH, totale hydrokarboner eller flyktige organiske komponenter (utover BTEX) ble påvist i vannprøvene, men THC, PAH og PCB ble ikke analysert i alle vannprøver.

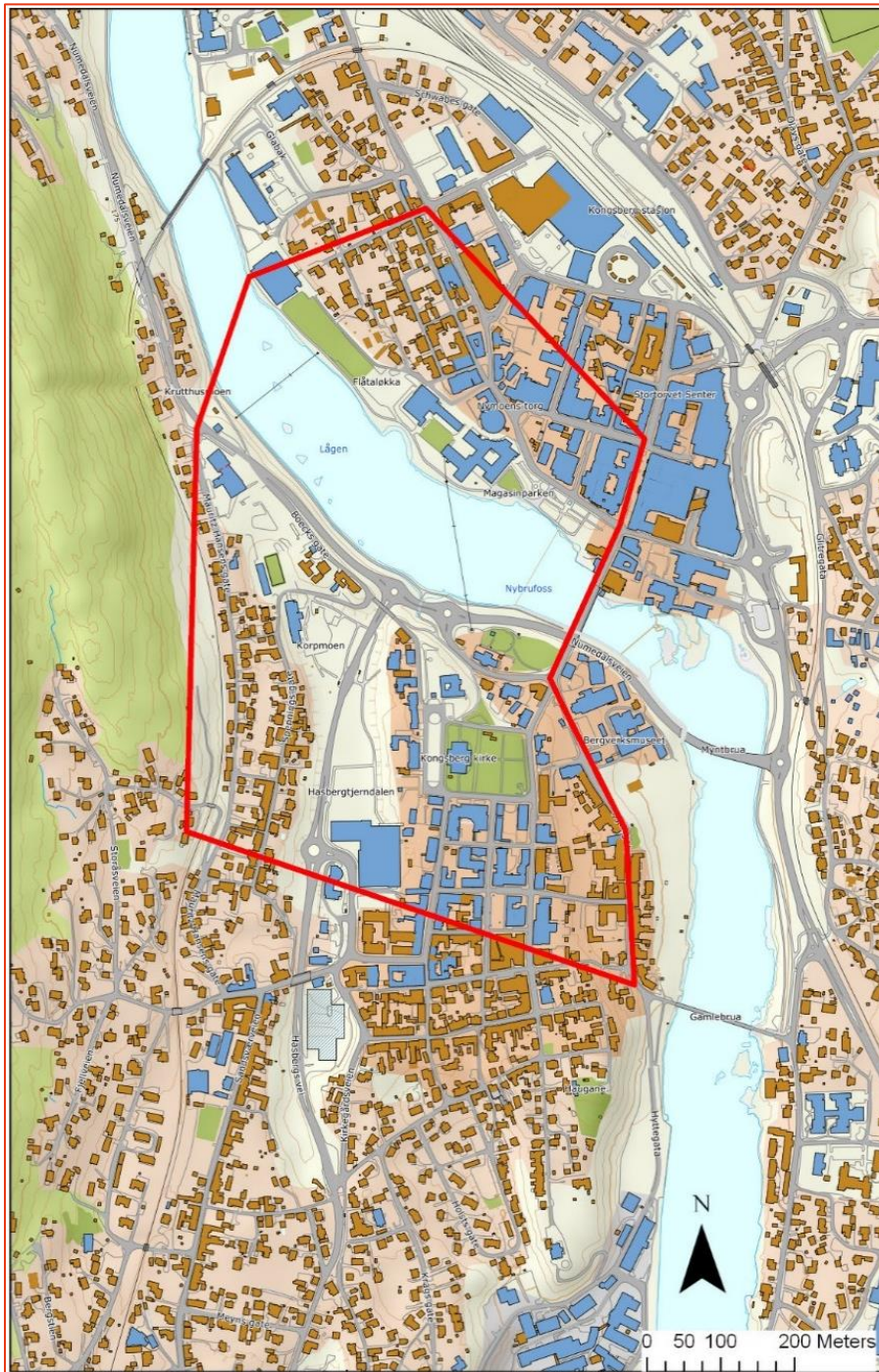
	Dato	BTEX						PFAS
		Benzen µg/l	Toulen µg/l	Etylbenzen µg/l	m,p-Xylen µg/l	o-Xylen µg/l	Sum BTEX	Sum PFAS ng/l
kildebekk Hagen	11.07.2017	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	4.6
	22.10.2017	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	2.7
	22.06.2018	<0.20	<1.00	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	n.d.
	23.10.2018	0.046	0.79	0.021	-	0.078	0,935	n.d.
kildebekk Sogna målestasjon	11.07.2017	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	320
	22.10.2017	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	180
	22.06.2018	<0.20	<1.00	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	346
	23.10.2018	0.029	0.45	0.024	-	0.084	0.59	143
kildebekk Vikka målestasjon	12.07.2017	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	4.1
	21.10.2017	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	4
	22.06.2018	<0.20	<1.00	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	n.d.
	22.10.2018	0.045	0.42	<0.020	-	0.072	0.54	-
kildebekk Lille Røglar	12.07.2017	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	<0.30
	21.10.2017	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	0.33
	22.06.2018	<0.20	1.58	0.12	0.36	0.14	2.2	n.d.
	22.10.2018	0.053	0.94	0.032	-	0.094	1.12	n.d.
Risa Kilde ved Måketjern	12.07.2017	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	-
	22.10.2017	-	-	-	-	-	-	-
	21.06.2018	-	-	-	-	-	-	-
	23.10.2018	-	-	-	-	-	-	-
Risa, utløpsbekk Måketjern	12.07.2017	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	-
	22.10.2017	-	-	-	-	-	-	-
	21.06.2018	-	-	-	-	-	-	-
	23.10.2018	-	-	-	-	-	-	-
Risa, oppstrøms sidebekk	12.07.2017	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	-
	22.10.2017	-	-	-	-	-	-	-
	21.06.2018	-	-	-	-	-	-	-
	23.10.2018	-	-	-	-	-	-	-

"-" = ikke analysert; "n.d." = ikke påvist

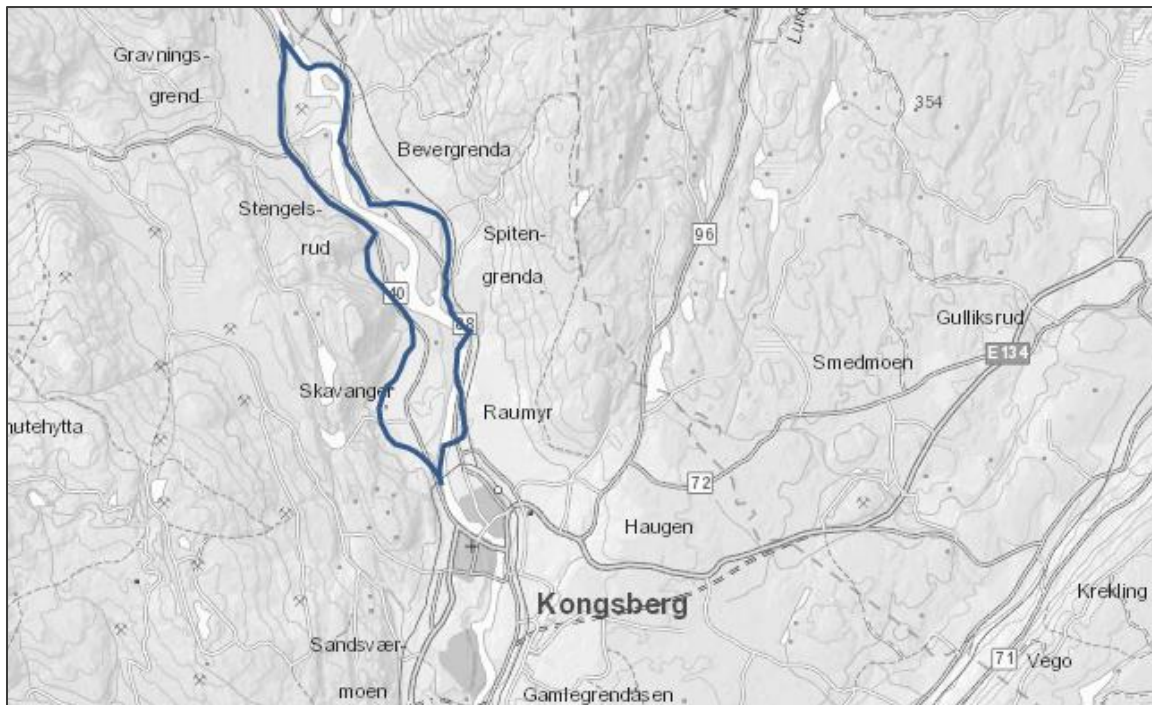
4.3 Kongsberg

4.3.1 Lokalisering og utvalgskriterier

Typelokalitet Kongsberg dekker størstedelen av den eldste delen av Kongsberg sentrum, og deles hydraulisk i to av Numedalslågen (Figur 11). Størstedelen av Kongsberg sentrum er per i dag ikke definert som en grunnvannforekomst i Vann-Nett, og typelokaliteten er følgelig ikke tilknyttet noen administrativ grunnvannsenhet. Nærmeste administrative enheten er grunnvannforekomst 015-29-G Kongsberg Nord (Figur 12). Avgrensingen av typelokaliteten er satt ut fra praktiske (veier) og hydrogeologiske forhold.



Figur 11: Geografisk avgrensning av typelokalitet Kongsberg



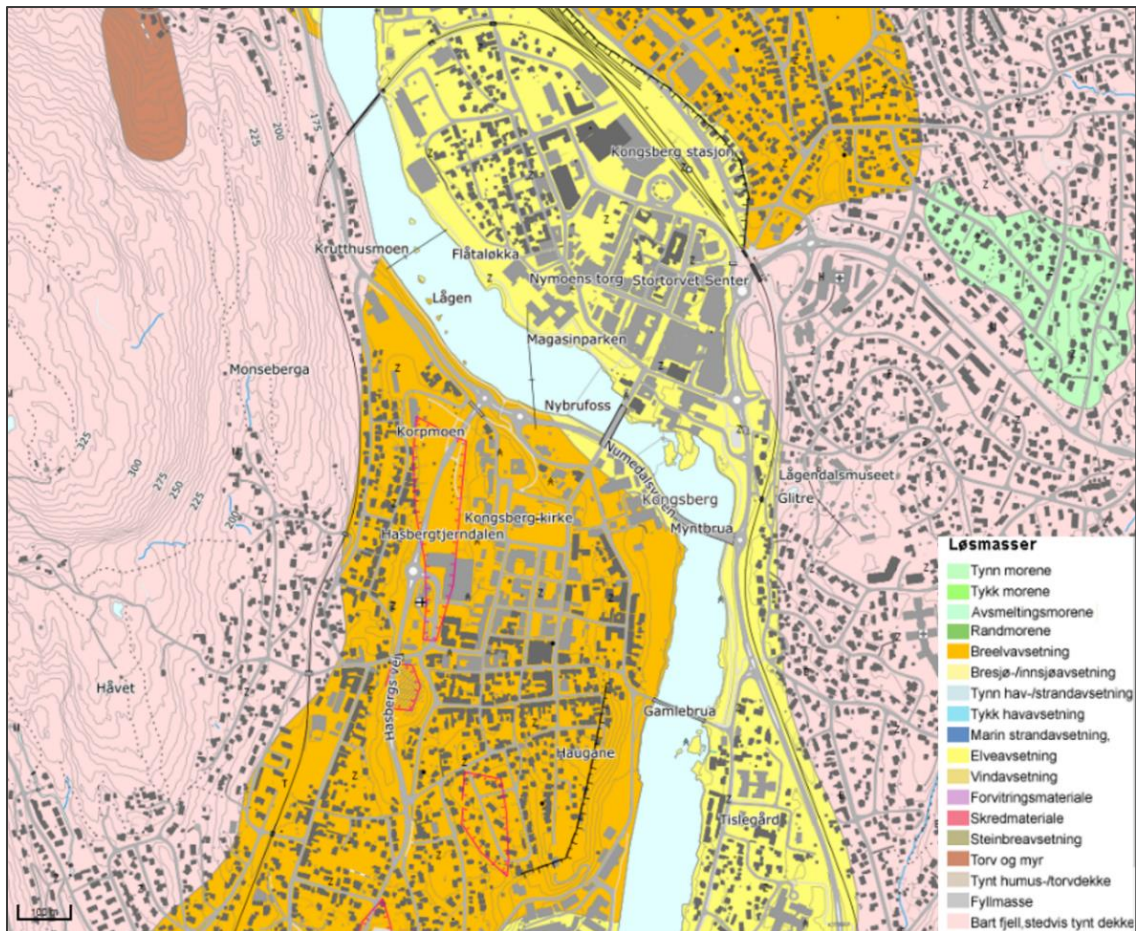
Figur 12: Avgrensning av grunnvannsforekomst 015-29-G Kongsberg Nord (Kilde: Vann-nett).

Lokaliteten er valgt ut for å representere en sandig/grusig grunnvannsforekomst i en elveavsetning med liten umettet sone. Klimatisk representerer Kongsberg et innlandsklima med forholdsvis kalde vintre og varme somre. Basert på registreringer fra den meteorologiske målestasjonen Kongsberg brannstasjon er den gjennomsnittlige årsmiddeltemperaturen i normalperioden 5,3 °C. Gjennomsnittlig årlig nedbør er 740 mm og viser at Kongsberg er et relativt tørt område.

Potensiell belastning på grunnvannets kjemiske tilstand i typelokaliteten er generell urbanisering. I et historisk perspektiv har virksomheter tilknyttet Kongsberg sølvgruver medført mye industriell aktivitet rundt fossefallet i Kongsberg sentrum med tilhørende oppredningsverk, smeltehytter og myntproduksjon. Det er tidligere kartlagt områder med grunnforurensning innenfor grunnvannslokaliteten, og det er gjennomført flere miljøgeologiske undersøkelser av jord ved tidligere oppredningsverk og smeltehytter, og som nå er en del av Norsk bergverksmuseum (Andreassen 2012). Det er også gjennom miljøgeologiske undersøkelser i området rundt Vestsiden ungdomsskole (Tomprou 2017). Disse undersøkelsene påviste stedvis jordforurensninger både av tungmetaller og organiske forurensninger, men med gjennomgående lave konsentrasjoner. Det er ikke tidligere utført undersøkelser av grunnvannet i Kongsberg sentrum.

4.3.2 Løsmassegeologi

Det finnes generelt lite løsmasser i Kongsbergområdet, og løsmasseavsetninger av betydning finnes hovedsakelig i dalgangen langs Numedalslågen og består hovedsakelig av sand og grus (Bargel 1990). Løsmassene i Kongsberg sentrum utgjør deler av en stor sammenhengende løsmasseavsetning, kalt Skollenborgsanduren, som strekker seg fra Pikerfoss i nord til Skollenborg i sør. Skollenborgsanduren ble dannet under siste istid da store mengder løsmasser ble spylt ut med breelvae fra brefronten ved Pikerfoss, og ble avsatt langs dalføre helt ned til den tids fjordmunning ved Skollenborg. Senere landheving medførte elveerosjon og nedskjæring i disse breelvsavsetningene og resedimentering av elveavsetninger på lavere nivåer. I Kongsberg sentrum kan dette sees på det kvartærgeologiske kartet som høyereliggende bevarte breelvsavsetninger på begge sider av Lågen, og lavereliggende elveavsetninger i det eroderte området på østsiden. Fjellterskelen som gir opphav til Nybrufossen i Kongsberg sentrum har redusert videre elveerosjon oppstrøms dette området.



Figur 13: Løsmassekart over Kongsberg sentrum basert på Bargel 1990. (<http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>)

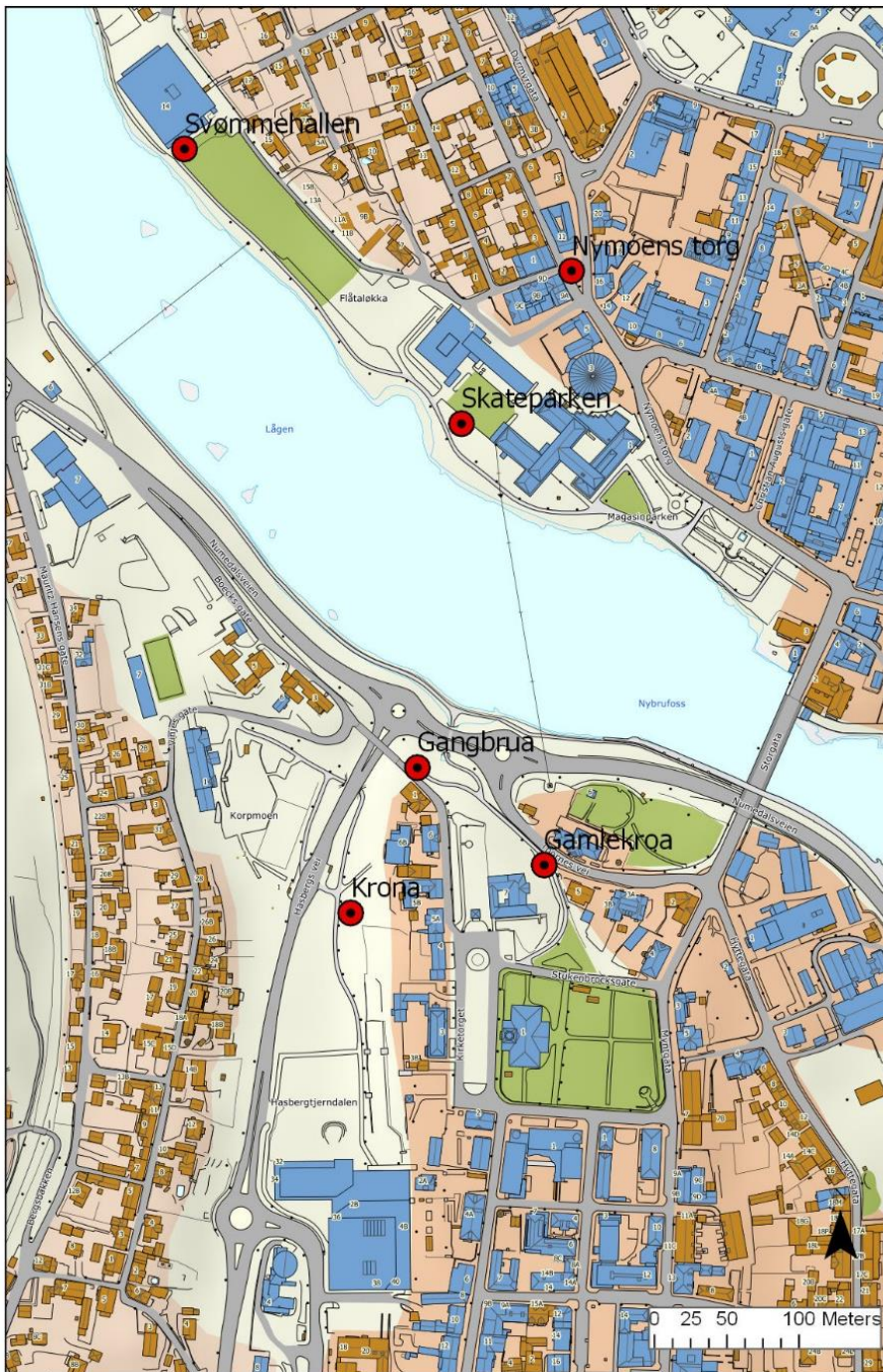
4.3.3 Hydrogeologi

For å kartlegge sammensetningen og vannføringsegenskapene til løsmassene mot dyppet i avsetningene ble det høsten 2017 utført 5 grunnboringer i Kongsberg sentrum. I samtlige borepunktene ble det etablert overvåkingsbrønner (Ø 50 mm) i plastmaterialet PEH godkjent for miljøundersøkelser (Figur 14). Den nederste delen av brønnene står i kontakt med grunnvannet og har slisser som tillater uttak av grunnvannsprøver og registrering av grunnvannsnivå. Det er i tillegg til grunnboringene også utført flere km med georadarundersøkelser i det aktuelle området.

De utførte grunnundersøkelsene viser en lagdelt oppbygging av løsmassene, og med stor variasjon i løsmassesammensetningen borepunktene imellom. Grunnboringene på østsiden av Lågen viser gjennomgående mer finkoring sandige løsmasser enn på vestsiden der løsmassene domineres av grovere sand. Boringene på østsiden, samt boringen ved Gammelkroa på vestsiden, påtreffer fjellet som utgjør fjellterskelen som kan sees i Nybrufossen.

Det ble installert automatiske loggere i alle 5 observasjonsbrønner for kontinuerlig logging av vannnivå, grunnvannstemperatur og grunnvannets elektriske ledningsevne. Det ble også installert en tilsvarende logger i en eksisterende observasjonsbrønn etablert av NVE ved den kommunale svømmehallen (Figur 14).

For mer detaljert beskrivelser av resultatene fra grunnboringene, georadarundersøkelsene, løsmassegeologi og hydrogeologiske forhold henvises det til hovedrapporten for typelokaliteten (Dagestad m.fl. 2019).



Figur 14: Lokalisering av grunnboringer og overvåkingsbrønner på grunnvannsforekomsten i Kongsberg sentrum.

4.3.4 Prøvetaking og analyse

Det er tatt ut grunnvannsprøver for fysikalske og kjemiske laboratorieanalyser fra overvåkingsbrønnene i oktober 2017 samt juni og oktober 2018. For observasjonsbrønnen ved Nymoens Torg foreligger det imidlertid bare analyseresultater fra oktober 2017 da det ved den etterfølgende prøvetaking ble oppdaget at brønnen hadde vært utsatt for hærverk og fylt igjen med grus. Det ble under prøvetaking av brønnene benyttet dels senkepumpe og sugepumpe for uttak av grunnvannsprøver. I forbindelse med uttak av vannprøver ble det også utført feltmålinger av pH, oksygeninnhold, elektrisk ledningsevne, temperatur og alkalitet samt manuelle målinger av grunnvannsnivå og avlesning av de digitale loggerne. Vannprøvene ble sendt så hurtig som mulig etter uttak til kjemisk laboratorium for analyse av en rekke uorganiske elementer og forbindelser samt et utvalg organiske stoffer. I 2017 ble vannprøvene analysert dels ved Analysesenteret og ved Eurofins mens alle vannprøver fra 2018 ble analysert ved ALS. Alle laboratorier er akkreditert for de utført vannanalyser.

4.3.5 Resultater vannanalyser 2016 – 2018

Det er i Tabell 6 og Tabell 7 vist en sammenstilling av et representativt utvalg av analyseresultater fra de utførte undersøkelsene. Et større utvalg av analyseresultater kan finnes i vannmiljødatabasen (<https://vannmiljo.miljodirektoratet.no/>). En fullstendig oversikt over samtlige utførte vannanalyser er gjengitt i hovedrapporten for typelokaliteten (Dagestad m.fl. 2019).

Sett under ett viser de utførte analysene at grunnvannet har noe ulik kjemisk sammensetning på øst og vestsiden av Lågen. Mens analysene av vannprøver fra overvåkingsbrønnene på vestsiden av Lågen viser gjennomgående lave verdier av samtlige analyserte parametere, er det registrert høyere verdier av enkelte organiske forurensninger i overvåkingsbrønnene Skateparken og Nymoens torg på østsiden av Lågen (Tabell 7). Ved Nymoens torg er det spesielt funn av tetrakloreten over grenseverdien som skiller seg ut. På grunn av det omtalte hærverket på brønnen har det bare vært mulig å gjøre oppfølgende prøvetaking av denne brønnen slik at det er ikke mulig å verifisere om grunnvannet i dette området faktisk er forurenset med dette løsemiddelet eller om dette funnet skyldes kontaminering under brønnetablering, prøvetaking og analyse- eller rapporteringsfeil. I overvåkingsbrønn Skateparken er det gjort funn av flyktige organiske forbindelser (BTEX) i flere av prøvene samt at det er registrert høye verdier av ammonium (NH_4^+), noe som indikerer at grunnvannet i dette området er påvirket av urban aktivitet. I overvåkingsbrønn Svømmehallen er det gjort funn av BTEX-forbindelser i vannprøven tatt ut i høsten 2018 mens det i de to foregående prøveuttak ikke ble registrert noe funn. Det er også registrert forhøyde nitratverdier i overvåkingsbrønn Krona.

Automatisk måling av grunnvannets elektriske ledningsevne ved hjelp av automatiske loggere viser til dels betydelige variasjoner i måleperioden fra høst 2017 til høst 2018, og som indikerer at grunnvannets kjemiske sammensetning i brønnområdene varierer over tid. Sommer 2018 var spesiell med lite nedbør og betydelig tørke, noe som medførte lite tilførsel av vann fra det nære nedbørsfelt til grunnvannsførekosten og synkende grunnvannsnivå. Dette medførte at elvevann infiltrerte akviferen, noe som ga betydelige endringer i grunnvannets kjemiske sammensetning både i forbindelse med tørken samt etterfølgende periode. For mer utfyllende informasjon se Dagestad m.fl. 2019.

Til tross for betydelige variasjoner i grunnvannets elektriske ledningsevne i måleperioden forventes det at resultatene fra de utførte vannanalysene er representative for grunnvannets kjemiske tilstand i måleperioden.

4.3.6 Oppsummering kartlegging kjemisk tilstand

Kartlegging og overvåking av grunnvannskjemi i de etablerte overvåkingsbrønnene viser at typelokalitet Kongsberg har noe varierende kjemiske tilstand, der deler av området på østsiden av Lågen viser tegn på urban påvirkning med ammoniumkonsentrasjoner over terskelverdi, mens området på vestsiden har tilsynelatende god kjemisk tilstand til tross for lokalt forhøyet nitratkonsentrasjon. Det er imidlertid forventet at grunnvannsmagasinet på østsiden av Lågen har liten utskifting av grunnvann og følgelig ubetydelig kjemisk påvirkning på det akvatiske miljøet i Lågen.

Tabell 6: Analyseresultater for utvalgte kjemiske laboratorieanalyser av grunnvannsprøver fra brønnene i Kongsberg. Ammoniumkonsentrasjonen i grunnvann fra overvåkingsbrønn Skateparken ligger betydelig over terskelverdien.

	Dato	NH4-N µg/l	Klorid mg/l	Nitrat mg NO3/l	Sulfat mg/l	Arsen µg/l	Bly µg/l	Kadmium µg/l	Kvikksølv µg/l
Terskelverdi		500	200	50	100	10	10	5	0.5
Vendepunktverdi		400	150	37.5	75	7.5	7.5	3.74	0.4
Nymoens torg	21.10.2017	16	63.7	8.89	40.2	3.67	0.101	0.03	< 0.005
	21.06.2018	-	-	-	-	-	-	-	-
Skateparken	21.10.2017	8820	9.64	0.35	2.96	6.42	0.499	0.03	< 0.005
	21.06.2018	9600	14	<0.10	2	1.3	0.283	0.006	<0.002
	24.10.2018	11000	10.8	<0.10	5	1.19	0.084	<0.01	<0.002
	24.10.2018	9800	10.7		6	1.22			
	(DUBLETT)			<0.10			<0.05	<0.01	<0.002
Gangbrua	20.10.2017	<10	91	2.30	12.1	0.193	<0.05	< 0.010	< 0.005
	20.06.2018	8	77	1.8	7	0.925	0.040	0.014	0.0024
	24.10.2018	<3	177	1.7	14	0.285	0.023	0.026	<0.002
Gamle kroa	20.10.2017	<10	3.93	12.43	7.35	1.5	<0.05	0.02	0.02
	21.06.2018	22	4	14	10	1.57	0.047	0.01	0.0126
	24.10.2018	4	6.56	11	10	1.19	0.047	0.011	0.006
Krona	20.10.2017	160	2.4	15.09	11.6	4.37	0.166	0.03	< 0.005
	20.06.2018	17	6	30	19	0.509	0.483	0.079	0.004
	24.10.2018	16	4.84	0.3	20	0.641	0.22	0.055	<0.002
Svømmehallen	21.10.2017	<10	10.8	7.92	18	0.124	<0.05	0.02	< 0.005
	21.06.2018	13	11	8.3	22	0.139	0.0214	0.037	<0.002
	24.10.2018	4	11.2	8.4	20	0.134	<0.01	0.019	<0.002

"-" = ikke analysert

Tabell 7: Analyseresultater for utvalgte organiske forbindelser (funn uthevet). Av PAH-forbindelser er det kun Naftalen som ble påvist. Alle BTEX-forbindelser og tre andre flyktige organiske komponenter ble også påvist. Verken totale hydrokarboner eller PCB-forbindelser ble påvist i grunnvannsprøvene.

	Dato	PAH	BTEX og andre flyktige organiske komponenter									
		Naftalen µg/l	Benzen µg/l	Toulen µg/l	Etylbenzen µg/l	m,p-Xylen µg/l	o-Xylen µg/l	Xylener (sum) µg/l	Sum BTEX µg/l	Trikloretten µg/l	Tetrakloretten (PER) µg/l	cis-1,2- Dikloretten µg/l
Nymoens torg	21.10.2017	<0.010	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	ND	-	0.29	35	-
	21.06.2018	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Skate-parken	21.10.2017	<0.010	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	ND	-	< 0.10	< 0.10	-
	21.06.2018	0.1	<0.20	1.56	0.19	0.52	0.26	2.53	-	<0.10	<0.20	<0.10
	24.10.2018	<0.030	0.077	1.1	0.036	-	0.099	-	1.3	<0.10	<0.20	<0.10
	24.10.2018 (DUBLETT)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gangbrua	20.10.2017	<0.010	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	ND	-	< 0.10	< 0.10	-
	20.06.2018	<0.030	<0.20	<1.00	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	-	<0.10	<0.20	<0.10
	24.10.2018	<0.020	<0.020	0.16	0.11	-	0.31	-	0.58	<0.10	<0.20	<0.10
Gamle kroa	20.10.2017	<0.010	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	ND	-	< 0.10	< 0.10	-
	21.06.2018	<0.030	<0.20	<1.00	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	-	<0.10	<0.20	0.13
	24.10.2018	<0.030	0.046	0.85	0.025	-	0.092	-	1	<0.10	<0.20	<0.10
Krona	20.10.2017	<0.010	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	ND	-	< 0.10	< 0.10	-
	20.06.2018	<0.030	<0.20	<1.00	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	-	<0.10	<0.20	<0.10
	24.10.2018	<0.030	0.059	0.89	0.028	-	0.1	-	1.1	<0.10	<0.20	<0.10
Svømmehallen	21.10.2017	<0.010	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	ND	-	< 0.10	< 0.10	-
	21.06.2018	<0.030	<0.20	<1.00	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	-	<0.10	<0.20	<0.10
	24.10.2018	<0.030	0.27	2.5	0.15	-	0.81	-	3.7	<0.10	<0.20	<0.10

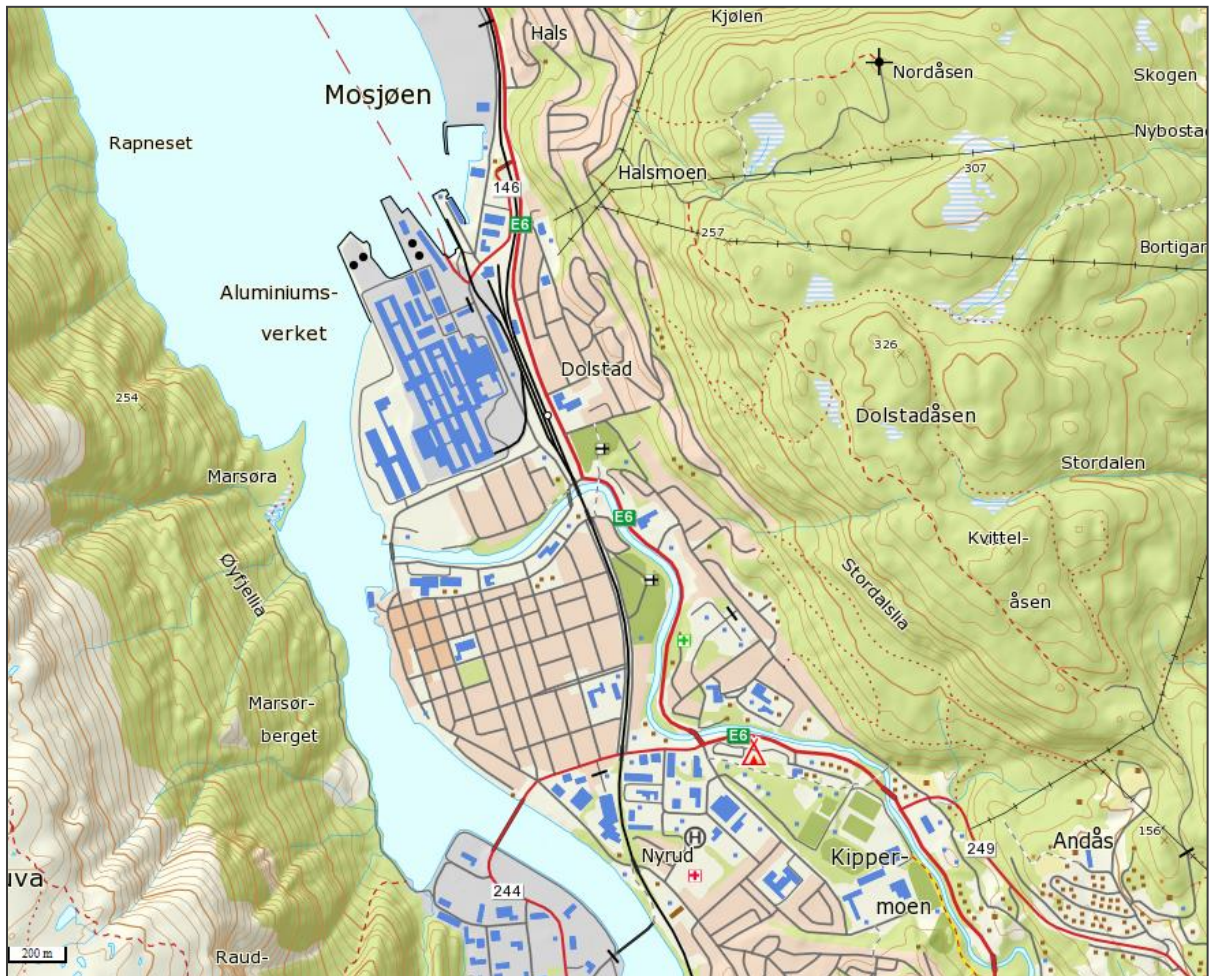
"-" = ikke analysert; "n.d." = ikke påvist

4.4 Mosjøen

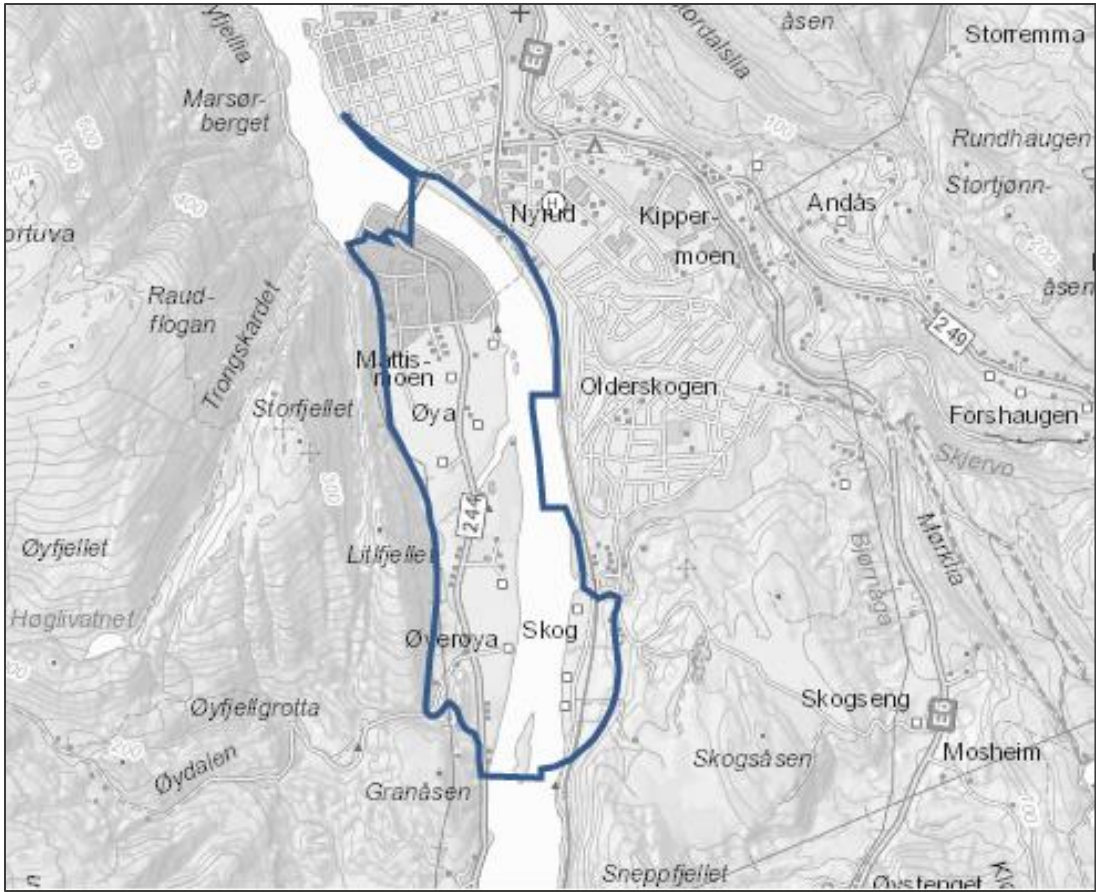
4.4.1 Lokalisering og utvalgsriterier

Typelokalitet Mosjøen dekker store deler av Mosjøen sentrum, og avgrenses hydraulisk av elva Skjervo mot øst og nord, elva Vefsna i vest, mens den hydrauliske avgrensingen mot sør ikke er fastlagt (Figur 15). Størstedelen av Mosjøen sentrum er per i dag ikke definert som en grunnvannsforekomst i Vann-Nett, og typelokaliteten er følgelig ikke tilknyttet noen administrativ grunnvannsenhet. Nærmeste administrative enhet er grunnvannsforekomst 151-1028-G Mattismoen som berører deler av Mosjøen sentrum (Figur 16).

I Figur 17 vises et forslag til geografisk avgrensning av typelokalitet Mosjøen. Det finnes ikke tilstrekkelig geologisk informasjon til en sikker hydrogeologisk avgrensning av typelokaliteten mot sør, men grensen er satt ut fra praktiske forhold (veier) samt en antakelse om at løsmasser med akviferegenskaper tynner ut mot sør.



Figur 15: Oversiktskart over Mosjøen med elva Skjervo mot øst og Vefsna mot vest.



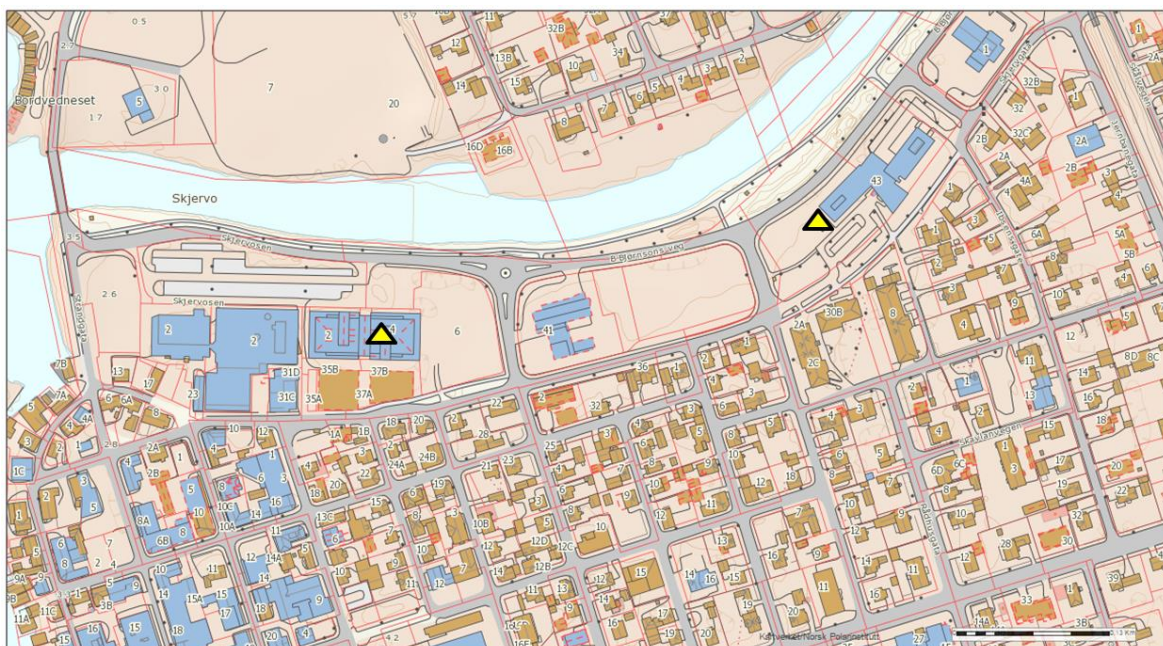
Figur 16: Utstrekning på grunnvannsforekomst 151-1028-G Mattismoen (fra Vann-Nett.no mars 2019).



Figur 17: Forslag til geografisk avgrensning av grunnvannsforekomst Mosjøen.

Lokaliteten er valgt ut for å representere et typisk kystnært sandig/grusig fjorddelta med liten umettet sone og et lite nedbørsfelt og antatt sen utskifting av grunnvann. Klimatisk representerer Mosjøområdet et kystklima med forholdsvis kalde vintre og tempererte somre. Basert på registreringer fra den meteorologiske målestasjonen Mosjøen-Mosal, beliggende cirka 1 km nord for Mosjøen sentrum, var den gjennomsnittlige årsmiddeltemperaturen i normalperioden 2.8 °C (4.2 °C i tidsperioden 2013-2016). Med en gjennomsnittlig årlig nedbør på 1353 mm i normalperioden og 2100 mm i tidsperioden 2013-2016 er klimaet i Mosjøen relativt nedbørsrikt.

Potensiell belastning på grunnvannets kjemiske tilstand er generell urbanisering og industri. I et historisk perspektiv har produksjonen ved det nærliggende aluminiumsverket, tidligere Elkem nå Alcoa, gitt store utslipp av ulike forurensninger til luft og vann. Det er tidligere kartlagt områder med grunnforurensning innenfor lokaliteten (Figur 18) og det er gjennomført flere miljøgeologiske undersøkelser av både jord (Skare 1994, Gilde 1995) og grunnvann (Misund 2007). Ut fra disse undersøkelsene ble det konkludert med at grunnvannet i det undersøkte området stedvis var påvirket av forurensete jord- og fyllmasser, men at konsentrasjonene av miljøgifter var så lave, og gjennomstrømningen så liten, at den miljømessige påvirkning på elva Skjervo ble ansett som ubetydelig.

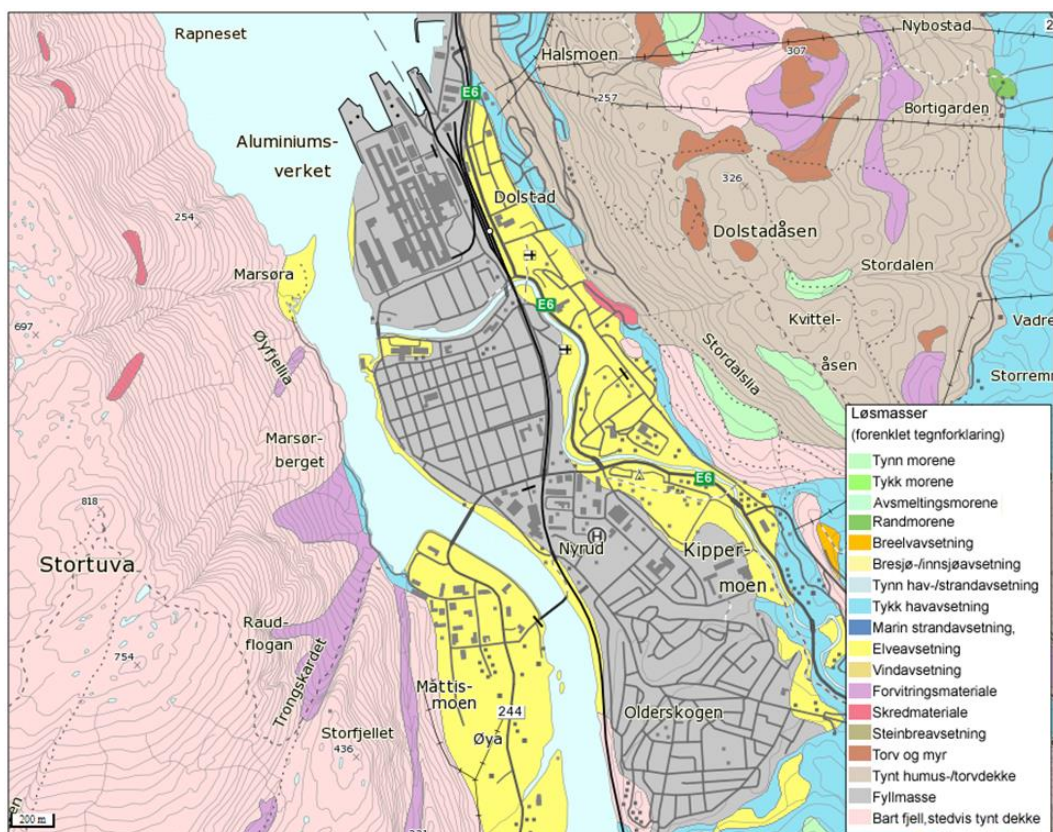


Figur 18: Områder med registrert grunnforurensning i Mosjøen sentrum (<http://www.miljostatus.no/kart/>).

4.4.2 Løsmassegeologi

Det finnes generelt lite løsmasser i Mosjøområdet og løsmasseavsetninger av betydning finnes hovedsakelig i dalgangen langs elva Vefsna. Nedre del av Vefsnadalfløret ligger under marin grense og løsmassene domineres av finkornige marine avsetninger (Follestad 1990). På elveslettene langs elva Vefsna er løsmassene kartlagt som elveavsetninger bestående av sand og grus (Figur 19). I Mosjøen sentrum er toppekket av løsmassene hovedsakelig kartlagt som tilførte fyllmasser lagt over de opprinnelige elveavsetningene.

De naturlige løsmasseavsetningene under Mosjøen sentrum er en del av en større deltautbygging som tidligere trolig dekket hele dalgangen i munningsområdet til Vefsna. Senere landheving med påfølgende elveerosjon har fjernet deler av de vestlige områdene av elvedeltaet. Mot øst og nord har sidevassdraget Skjervo skåret seg ned i sedimentene og delt opp deltaavsetningene. Langs den østlige elvedeltaet har Skjervo erodert gjennom topplaget av sand og grus og ned i de underliggende finkornige fjordavsetningene. Dette har ført til liten hydrauliske kontakten mellom elva og grunnvannsforekomsten i dette området.



Figur 19: Løsmassekart over Mosjøen basert på Follestad 1990. Grå skravur angir fyllmasser (<http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>)

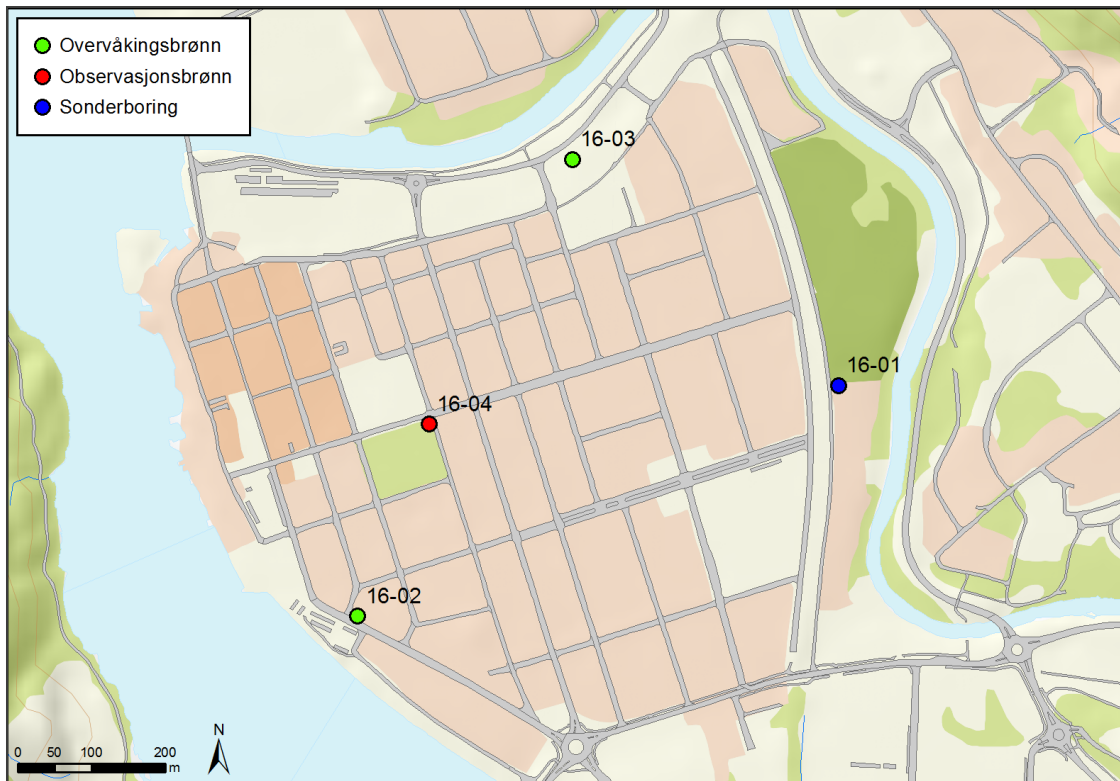
4.4.3 Hydrogeologi

For å kartlegge sammensetningen og vannføringsegenskapene til løsmassene mot dyppet i avsetningene ble det høsten 2016 utført 4 grunnboringer. I to av borepunktene ble det etablert overvåkingsbrønner (Ø 50 mm) i plastmaterialet PEH godkjent for miljøundersøkelser (Figur 20). Den nederste delen av brønnene, som står i kontakt med grunnvannet, har slisser som tillater uttak av grunnvannsprøver og registrering av grunnvannsnivå. Det er også etablert en enkel 5/4" stålbrønn som benyttes til registrering av grunnvannsnivå og temperatur. Det er i tillegg til grunnboringene også utført flere km med georadarundersøkelser i det aktuelle området.

De utførte grunnundersøkelsene viser en lagdelt oppbygging av løsmassene, og med stor variasjon i løsmassesammensetningen borepunktene imellom. Grunnboringene og de geofysiske undersøkelsene viser at akviferen under Mosjøen sentrum kiler ut i østlig retning mot Skjervo, der finkornige fjordavsetninger ligger grunt og som fører til at det er ingen hydraulisk kontakt med elva Skjervo og akviferen i dette området. Undersøkelsene viser at akviferen er dyppest og har de beste vannføringsegenskaper mot vest og elva Vefsna.

Det er installert automatiske loggere i alle tre brønner for kontinuerlig logging av vannnivå og grunnvannstemperatur. I de to overvåkingsbrønnene, brønn 1 og 2, logges også grunnvannets elektriske ledningsevne. De automatiske loggingene av brønnene viser at grunnvannsnivået påvirkes av nedbør og vannføring i Vefsna og Skjervo, men brønn 2 påvirkes også i betydelig grad av tidevannet. De innbyrdes variasjoner i grunnvannsnivå brønnene imellom har, sammen med gjennomgåenden liten gradient på grunnvannspeilet, gjort at ikke har vært mulig å konstruere et realistisk strømningsbilde for grunnvannet i akviferen ut fra de forliggende måledata.

For mer detaljert beskrivelser av resultatene fra grunnboringene, georadarundersøkelsene, løsmassegeologi og hydrogeologiske forhold henvises det til hovedrapporten utarbeidet for typelokaliteten (Dagestad m.fl. 2017)



Figur 20: Lokalisering av grunnboringer og overvåkingsbrønner på typelokalitet Mosjøen. Det er ved grunnboringene 16-02 og 16-03 etablert miljøovervåkingsbrønner (brønn 1 "Grillen" og brønn 2 "Kommunehuset") og i 16-04 en enkel observasjonsbrønn (Brønn 3 "Parken").

4.4.4 Prøvetaking og analyse

Det er tatt ut grunnvannsprøver for fysiske og kjemiske laboratorieanalyser fra begge overvåkingsbrønnene ved 6 ulike tidspunkt i perioden i sept. 2016 – okt. 2018. Det ble benyttet dels senkpumpe og sugepumpe for uttak av grunnvannsprøver. I forbindelse med uttak av vannprøver ble det også utført feltmålinger av pH, oksygeninnhold, elektrisk ledningsevne, temperatur og alkalitet samt manuelle målinger av grunnvannsnivå og avlesning av de digitale loggerne. Vannprøvene ble sendt så hurtig som mulig etter uttak til kjemisk laboratorium for analyse av en rekke uorganiske elementer og forbindelser samt et utvalg organiske stoffer. I 2016 og 2017 ble vannprøvene analysert dels ved Analysesenteret og ved Eurofins mens alle vannprøver fra 2018 ble analysert ved ALS. Alle laboratorier er akkreditert for de utførte vannanalyser.

4.4.5 Resultater vannanalyser 2016 – 2018

Tabell 8 og Tabell 9 viser en sammenstilling av et representativt utvalg av analyseresultater fra de utførte undersøkelsene. Et større utvalg av analyseresultater finnes i vannmiljødatabasen (<https://vannmiljo.miljodirektoratet.no/>). En fullstendig oversikt over samtlige utførte vannanalyser er gjengitt i hovedrapporten utarbeidet for typelokaliteten (Dagestad m.fl. 2017).

Sett under ett viser de utførte analysene at grunnvannet i de to overvåkingsbrønnene har hovedsakelig god kjemisk tilstand. Det måles meget lave konsentrasjoner av samtlige tungmetaller og de fleste andre miljøbelastende elementer og forbindelser. Det måles imidlertid forhøyde verdier av ammonium (NH_4^+), spesielt i overvåkingsbrønn Kommunehuset hvor det registreres konsentrasjoner over terskelverdi, og som viser at grunnvannet er påvirket av urban aktivitet. Denne overvåkingsbrønnen ligger også i et område hvor det tidligere har foregått ukontrollert deponering av avfall, og som gjennom nedbrytning sannsynligvis lekker ut nitrogenforbindelser til grunnvannet. Det registreres også noen organiske forurensninger i grunnvannet i denne brønnen som kan ha samme kilde, men konsentrasjonen av disse organiske forbindelsene er gjennomgående meget lave. I overvåkingsbrønn Grillen registreres det også forhøyde verdier av ammonium samt lave konsentrasjoner av organiske forurensninger. Dette viser at grunnvannet i dette

området er påvirket av urbane aktiviteter, og som kan ha lokal opprinnelse fra et nærliggende nedlagt mekanisk industri.

Automatisk måling av grunnvannets elektriske ledningsevne viser at denne er tilnærmet stabil i overvåkingsbrønn Grillen. I overvåkingsbrønn Kommunehuset registreres det derimot betydelig variasjoner i elektriske ledningsevne i måleperioden og viser at grunnvannets kjemiske sammensetning varierer betydelig i enkelte perioder. Det har ikke lyktes å ta ut vannprøver til kjemisk analyse fra episodene med høy ledningsevne så det har følgelig ikke vært mulig å avdekke hvilke kjemiske endringer i grunnvannet som forårsaker de store endringer i vannets elektriske ledningsevne. De analyserte vannprøver fra overvåkingsbrønn Kommunehuset er derfor kun representativ for grunnvannets kjemiske tilstand i overvåkingsperioden med lav ledningsevne i grunnvannet. For overvåkingsbrønn Grillen forventes det at de analyserte vannprøvene er representative for grunnvannets kjemiske tilstand i dette område i måleperioden.

4.4.6 Oppsummering kartlegging kjemisk tilstand

Kartlegging og overvåking av grunnvannskjemi i de to overvåkingsbrønner tyder på at typelokalitet Mosjøen har varierende kjemiske tilstand i måleperioden fra september 2016 – oktober 2018 i deler av grunnvannsforkomsten. Manglende vannanalyser fra perioder med relativt høy elektrisk ledningsevne i overvåkingsbrønn Kommunehuset, samt høye verdier av ammonium, gir usikkerhet til vurderinger av grunnvannets kjemiske tilstand i dette området. Det anbefales derfor at overvåkingen av grunnvannet med uttak av vannprøver fra denne brønnen fortsetter for å få innsikt i årsakene til de betydelige variasjoner i ledningsevnen.

Tabell 8: Analyseresultater for utvalgte kjemiske laboratorieanalyser av grunnvannsprøver fra brønnene i Mosjøen. Orange markering viser konsentrasjoner over vendepunktverdi og rød markering viser konsentrasjoner over terskelverdier.

	Dato	NH4-N µg/l	Klorid mg/l	Nitrat mg NO3/l	Sulfat mg/l	Fluorid mg/l	Arsen µg/l	Bly µg/l	Kadmium µg/l	Kvikksølv µg/l
Terskelverdi		500	200	50	100		10	10	5	0.5
Vendepunktverdi		400	150	37.5	75		7.5	7.5	3.74	0.4
Grillen	27.09.2016	194	14.5	0.1	17.6	0.16	2.3	0.23	0.034	<0.005
	22.11.2016	356	13.6	<0.07	14.6	0.08	2.3	<0.20	<0.01	<0.005
	25.04.2017	244	12.1	<0.25	16.3	0.05	0.82	<0.05	< 0.010	< 0.005
	04.10.2017	290	9.49	<0.066	13.7	0.11	0.55	<0.05	< 0.010	< 0.005
	28.06.2018	230	28	<0.10	19	<0.2	<0.05	0.019	<0.002	<0.002
	29.10.2018	300	22	0.35	29	0.08	0.35	<0.01	<0.002	<0.002
Kommunehuset	27.09.2016	430	11.4	2.6	14.7	0.46	4	1	0.055	<0.005
	22.11.2016	734	11.5	2.04	18.8	0.37	2.9	<0.20	<0.01	<0.005
	25.04.2017	905	13.2	5.7	15.1	0.48	1.86	<0.05	< 0.010	0.01
	04.10.2017	500	11.4	3.72	11.7	0.3	0.69	<0.05	< 0.010	< 0.005
	28.06.2018	200	13.8	3.9	18	0.24	0.38	0.016	0.003	<0.002
	29.10.2018	520	11	5.5	14	0.46	0.67	0.017	<0.002	<0.002

Tabell 9: Analyseresultater for BTEX og totale hydrokarboner i grunnvannsprøver fra overvåkingsbrønnene i Mosjøen (funnt uthevet). Det ble ikke påvist andre flyktige organiske komponenter (VOC) enn BTEX, men VOC var ikke del av analysepakken i alle år.

	Dato	BTEX og andre flyktige organiske komponenter						Totale hydrokarboner (THC)						
		Benzen µg/l	Toluen µg/l	Etylbenzen µg/l	m,p-Xylen µg/l	o-Xylen µg/l	Sum BTEX µg/l	>C5-C8 µg/l	>C6-C8 µg/l	>C8-C10 µg/l	>C10-C12 µg/l	>C12-16 µg/l	>C16-35 µg/l	SUM THC >C5-C40 µg/l
Grillen	27.09.2016	<0.10	0.1	<0.10	<0.20	0.12	0.22	<5.0	-	<5.0	<5.0	15	56	71
	22.11.2016	<0.10	0.32	<0.10	0.41	0.21	0.94	<5.0	-	<5.0	<5.0	<5.0	<20	n.d.
	25.04.2017	<0.10	0.22	<0.10	0.25	<0.10	0.47	<5.0	-	<5.0	<5.0	<5.0	<20	n.d.
	04.10.2017	<0.10	0.3	<0.10	0.35	0.11	0.76	<5.0	-	<5.0	<5.0	<5.0	<20	n.d.
	28.06.2018	<0.20	<1.00	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<30.0	n.d.
	29.10.2018	<0.020	0.038	0.023	-	0.027	0.061	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<30.0	n.d.
Kommune- huset	27.09.2016	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	<5.0	-	<5.0	<5.0	12	81	93
	22.11.2016	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	<5.0	-	<5.0	<5.0	<5.0	<20	n.d.
	25.04.2017	1.00	0.20	1.50	1.30	0.19	4.19	7.20	-	14	27	<5.0	<20	48.2
	04.10.2017	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	<5.0	-	<5.0	<5.0	<5.0	<20	n.d.
	28.06.2018	<0.20	<1.00	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	<5.0	6.5	<5.0	5.6	<5.0	<30.0	12.1
	29.10.2018	<0.020	<0.020	<0.020	-	<0.020	n.d.	<5.0	<5.0	<5.0	7.1	<5.0	<30.0	7.1

"-" = ikke analysert; "n.d." = ikke påvist

Tabell 10: Analyseresultater for PAH-forbindelser (funnt uthevet). Det ble ikke påvist PCB i noen av vannprøvene.

	Dato	PAH					
		Naftalen µg/l	Acenaften µg/l	Fluoren µg/l	Fenantren µg/l	Fluoranten µg/l	Sum PAH(16) EPA µg/l
Grillen	27.09.2016	<0.010	<0.010	0.038	<0.010	<0.010	0.038
	22.11.2016	0.072	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	0.072
	25.04.2017	0.02	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	0.02
	04.10.2017	0.029	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	0.029
	28.06.2018	<0.030	<0.010	<0.010	<0.020	<0.010	n.d.
	29.10.2018	<0.030	<0.010	<0.010	<0.020	<0.010	n.d.
Kommunehuset	27.09.2016	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.
	22.11.2016	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.
	25.04.2017	0.09	0.02	0.04	0.04	0.02	0.20
	04.10.2017	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.
	28.06.2018	<0.030	<0.010	<0.010	<0.020	<0.010	n.d.
	29.10.2018	<0.030	0.011	0.022	<0.020	<0.010	0.033

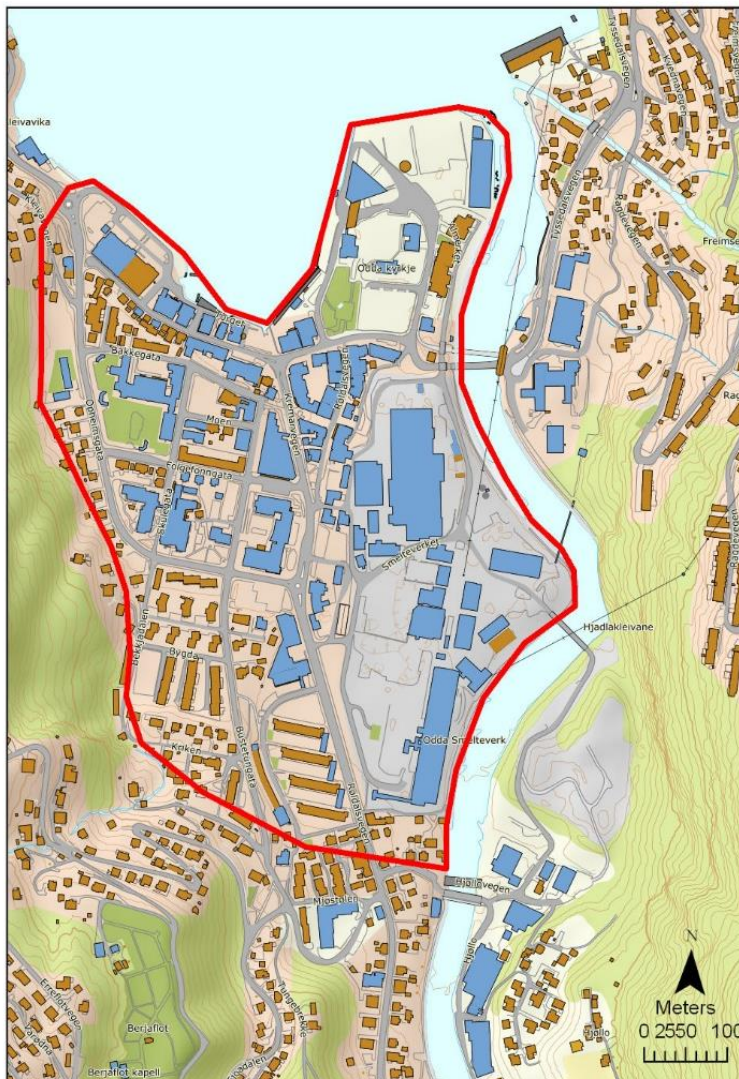
4.5 Typelokalitet Odda

4.5.1 Lokalisering og utvalgskriterier

Typelokalitet Odda utgjør mesteparten av Odda sentrum (Figur 21), og er en del av den større grunnvannsforekomsten 048-1026-G Odda sentrum.

Denne lokaliteten er valgt ut for å representere et typisk sandig/grusig fjorddelta, med et stort tilliggende nedbørsfelt, betydelig overvannsinfiltrasjon, og forventet stor gjennomstrømning og utskifting av grunnvann. Klimatisk representerer Oddaområdet et kystklima med betydelig nedbør og forholdsvis milde vintre og tempererte somre.

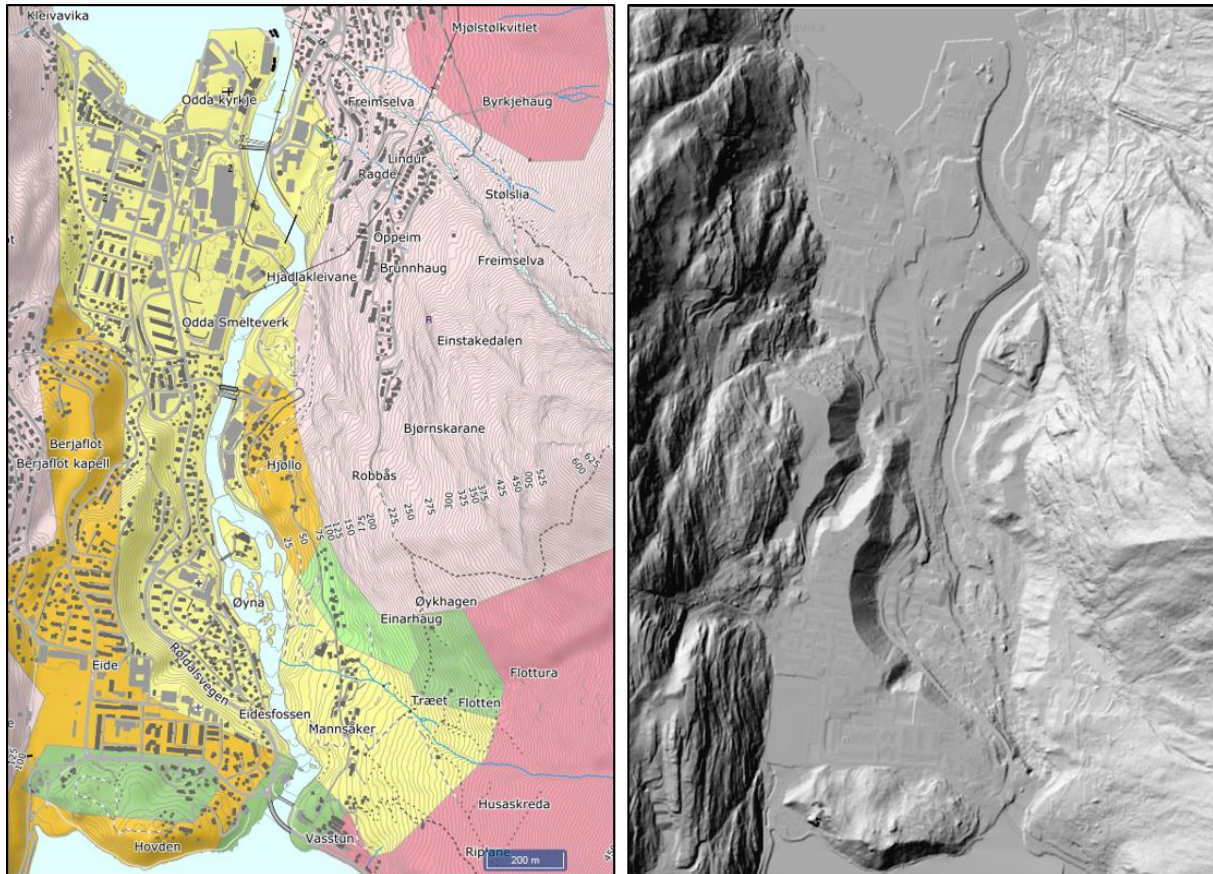
Miljøbelastningen på grunnvannsforekomst Odda er generell urbanisering og industri, der det nå nedlagte Odda smelteverk utgjør den største enkeltbelastningen. Tidligere miljøundersøkelser i Oddaområdet har vist betydelig forurensing av jord (Låg, 1974 og 1975, Jaggi 2005, Jartun m.fl. 2006). Oppkonsentreringen av sink (Zn) var spesielt fremtredende, men det ble også funnet betydelig forhøyde verdier av arsen (As), kadmium (Cd), bly (Pb) og kvikksølv (Hg). Spesielt jordprøver fra selve industriområdet til Odda smelteverk viste høye tungmetallkonsentrasjoner. Analyser av grunnvannsprøver fra brønner på industriområdet til Odda fra 2005 viste forhøyde verdier av totalnitrogen og nikkel i enkelte brønner, men det ble ikke registrert organiske miljøgifter i grunnvannet (Jaggi 2005).



Figur 21: Geografisk avgrensning av grunnvannsforekomst Odda.

4.5.2 Løsmassegeologi

Løsmassene som utgjør grunnvannslokalitet Odda domineres av breelv og elveavsetninger (Figur 1Figur 22). Løsmassene er i utgangspunktet avsatt under nedsmeltingen av den store innlandsisen mot slutten av siste istid, og avsetninger av sand og grus fylte opprinnelig trolig hele den sørlige delen av dalgangen opp mot Sandvinvatnet. Senere landheving med påfølgende elveerosjon førte til suksessiv utbygging av lavereliggende fjorddeltaer ned til dagens havnivå. Betydningen av elveerosjon på utforming av landskapsformene i dette området kommer tydelig fram i terrengmodellen i Figur 22.



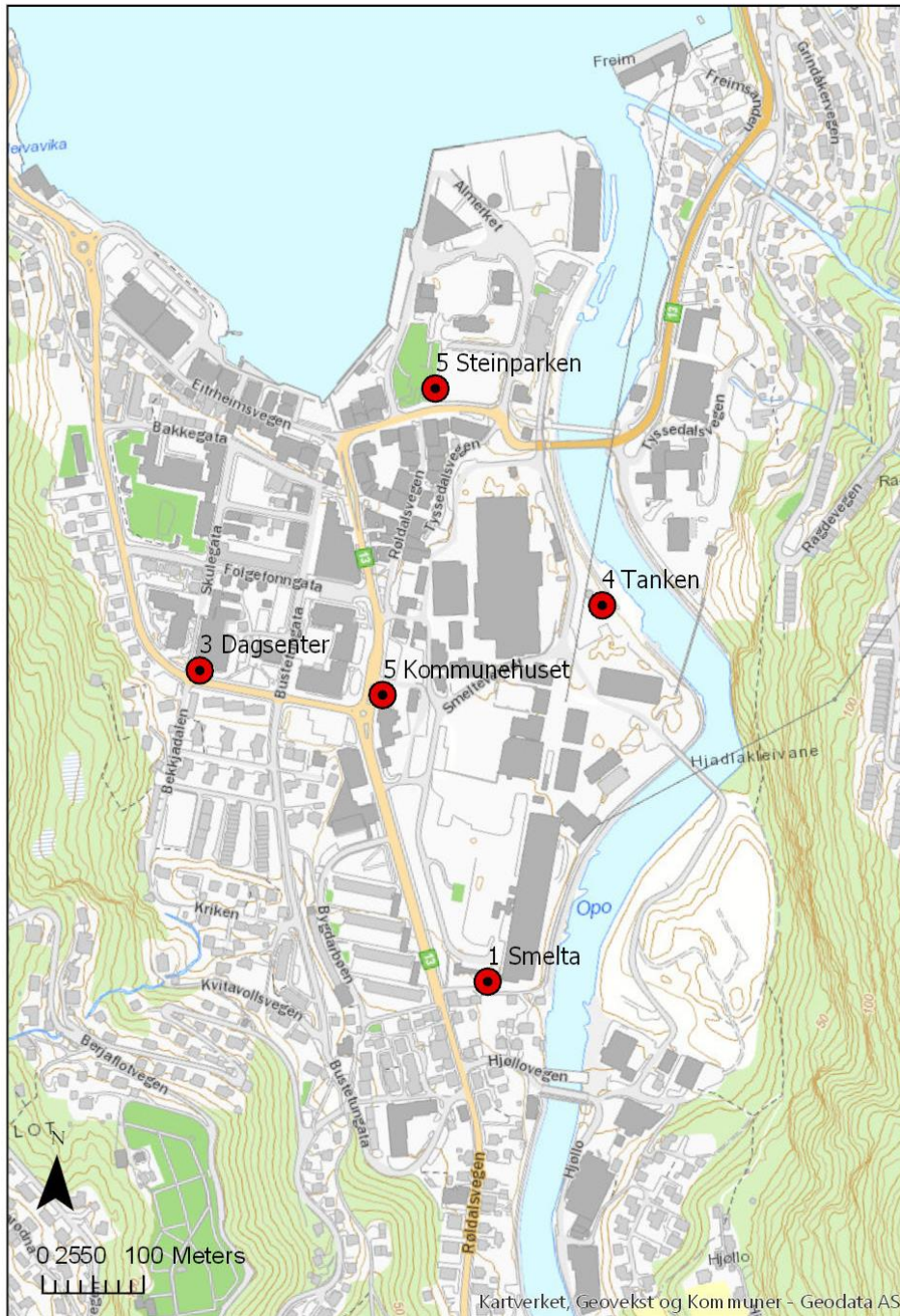
Figur 22: Til venstre: Kvartærgeologisk kart over området mellom Odda sentrum og Sandvinvatnet (<http://geo.ngu.no/kart/losmasse>). Til høyre: Høyoppløselig terrengmodell (lidardata) over området (Høydedata.no).

4.5.3 Hydrogeologi

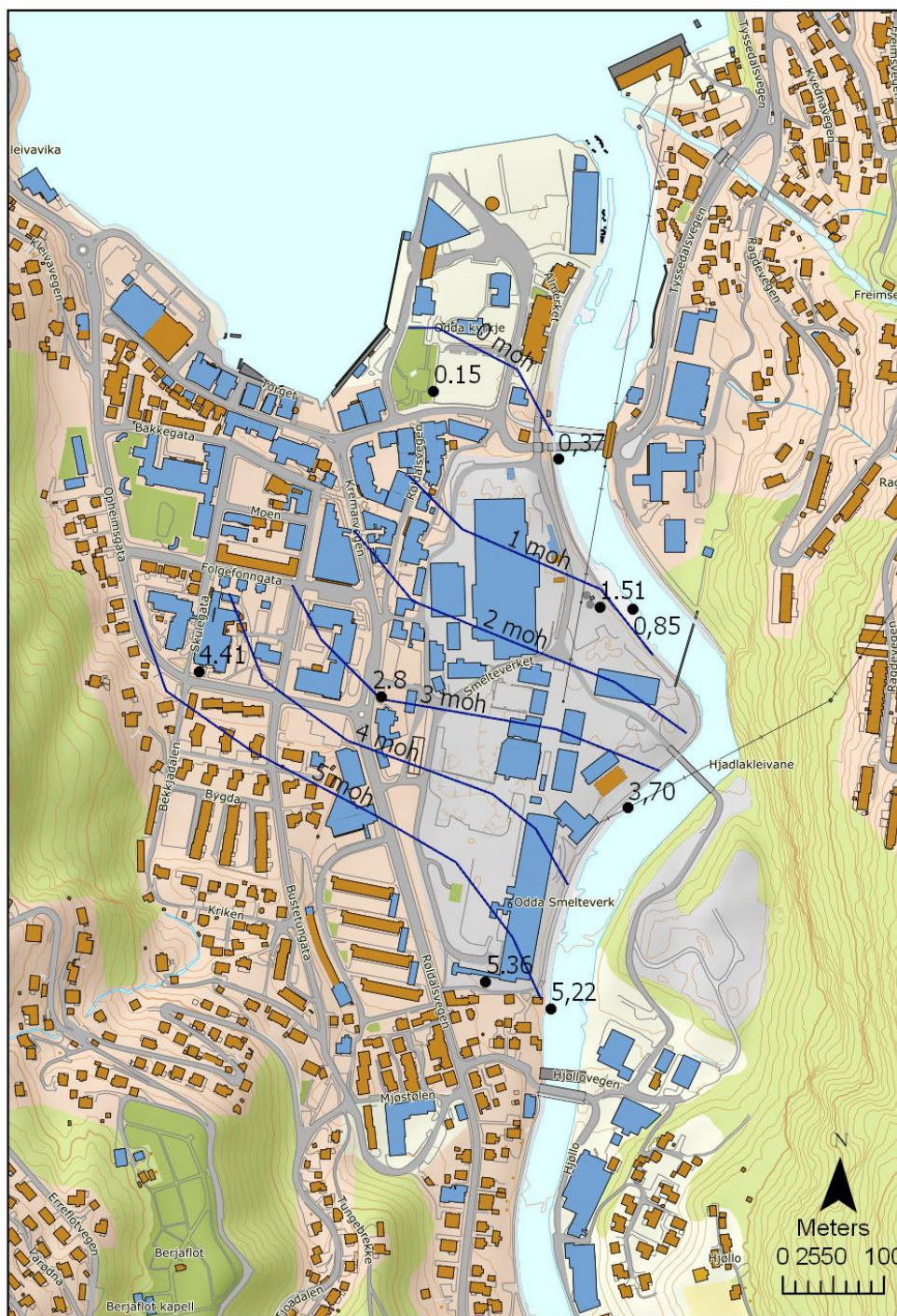
Det ble i september 2017 etablert 5 overvåkingsbrønner i Odda sentrum for kartlegging av løsmassesammensetningen mot dypet samt registrering av grunnvannsnivå og uttak av grunnvannsprøver (Figur 23). Brønnene (Ø 50 mm) og er utført i PEH materialet godkjent for miljøundersøkelse. Overvåkingsbrønnene har varierende dybde men filterseksjonen på 4 m er plassert i øvre del av mettet sone i alle brønnene. Registrering av løsmassesammensetningen under boringene med uttak av løsmasseprøver viser at grunnvannsforkomsten hovedsakelig består av sand og grus med god vannføringsevne i umettet sone og øvre del av grunnvannsmagasinet. Det er installert digitale loggere i samtlige overvåkingsbrønner for automatisk måling av grunnvannsnivå, grunnvannstemperatur og elektrisk ledningsevne i grunnvannet.

Ut fra målinger av grunnvannsnivå høsten 2017 samt nivåmålinger i elva Opo er det framstilt et grunnvannsnivåkart for Odda sentrum (Figur 24). Strømningsforholdene i denne perioden viser at grunnvannsforkomsten tilføres overflatevann fra det store nedbørsfeltet i dalsiden mot sørvest, og at grunnvann strømmer fra akviferen og ut i elva eller Sørfjorden. Ut fra tolkning av de automatiske nivåmålingene i brønnene i perioden oktober 2017 – oktober 2018 er dette den normale strømnings situasjonen i grunnvannsforkomsten. I perioder med hurtige nivåstigning i elva Opo infiltreres det ellevann til grunnvannsmagasinet. Nivåmålingene i brønnene viser at det bare er brønnene nærmest

elva som tilføres infiltrert elvevann i flomperiodene mens det kun medfører nivåendringer i brønner som ligger lengre fra elva. Strømningsforholdene i grunnvannsforekomsten kan ha avgjørende betydning på grunnvannets kjemiske sammensetning og tolkning av kjemisk tilstand til grunnvannsforekomsten.



Figur 23: Lokalisering av overvåkingsbrønner i Odda sentrum



Figur 24: Grunnvannskotekart for Odda sentrum basert på grunnvannsnivå- og elvaivåmålinger utført 19.10.2017. Nivåmålinger på angitt punkter er vist i meter over havet.

4.5.4 Prøvetaking og analyser

Det er tatt ut grunnvannsprøver til fysikalske og kjemiske laboratorieanalyser fra alle 5 overvåkingsbrønnene i okt. 2017, juni 2018 og okt. 2018. Det ble benyttet dels senkepumpe og sugepumpe for uttak av grunnvannsprøver. Det ble i forbindelse med uttak av vannprøver også utført feltmålinger av pH, elektrisk ledningsevne, temperatur og alkalitet. Det ble også utført manuelle målinger av grunnvannsnivå og avlesning av de digitale loggerne. Vannprøvene ble sendt så hurtig som mulig etter uttak til kjemisk laboratorium for analyse av en rekke uorganiske elementer og forbindelser samt et utvalg organiske stoffer. I 2017 ble vannprøvene analysert ved Eurofins mens vannprøvene fra 2018 ble analysert ved ALS. Begge laboratorier er akkreditert for de utført vannanalyser.

4.5.5 Resultater vannanalyser 2017 – 2018

Det er i Tabell 11 og Tabell 12 vist en sammenstilling av et representativt utvalg av analyseresultater fra de utførte undersøkelsene. Et større utvalg av analyseresultater kan finnes i vannmiljødatabasen (<https://vannmiljo.miljodirektoratet.no/>). En fullstendig oversikt over samtlige utførte vannanalyser kan finnes i hovedrapporten for typelokaliteten (Dagestad m.fl. 2019).

Sett under ett viser de utførte vannanalyserne at grunnvannet i det undersøkte området har god kjemisk tilstand. Det måles meget lave konsentrasjoner av samtlige tungmetaller og de fleste andre miljøbelastende elementer og forbindelser. Det måles noe forhøyde verdier av nitrat (NO_3^-) i noen av brønnene som viser at grunnvannet er påvirket av urban aktivitet. Alle analysene viser imidlertid at nitratkonsentrasjonen ligger lavere enn angitte grenseverdier. For overvåkingsbrønnen 2 (Steinparken) registreres det høye kloridkonsentrasjoner i alle prøveuttak og et prøveuttak ligger også over angitte terskelverdi. Dette kan i et bymiljø være forårsaket av salting av vei og parkeringsplasser vinterstid men er i dette tilfelle sannsynligvis gitt av at brønnen ligger sjønært i et område utsatt for sjøvannspåvirkning ved kraftig vind og bølgeaktivitet. En annen påvirkningsfaktor kan være sjøvannsinntrengning i akviferen i tørre perioder med liten nydanning av grunnvann. Dette årsaksforholdet underbygges også av den automatiske loggingen av elektrisk ledningsevne over året, samt at grunnvannets kjemiske komposisjon indikerer sjøvannspåvirkning (Dagestad m.fl. 2019). Det er også verdt å merke seg at konsentrasjonen av sink, fluorid og nikkel er meget lave i alle de analyserte vannprøvene.

Automatiske målinger av grunnvannets elektriske ledningsevne i overvåkingsbrønnene fra juni 2017 – oktober 2018 viser at ledningsevnene, og følgelig grunnvannets kjemiske sammensetning, kan variere betydelig. Dette registreres spesielt i brønnene nærmest elva Opo. Det har imidlertid blitt tatt ut grunnvannsprøver til analyse i perioder med både lav og høy ledningsevne, så det forventes at kartleggingen av kjemisk tilstand basert på et fåtall uttatte vannprøver likevel er representative for typelokalitetens kjemiske tilstand.

4.5.6 Oppsummering kartlegging kjemisk tilstand

Kartlegging og overvåking av grunnvannskjemi i 5 overvåkingsbrønner viser at typelokalitet Odda har god kjemisk tilstand i måleperioden fra juni 2017 – oktober 2018. Dette er meget tilfredsstillende ut fra et vannmiljøperspektiv og indikerer at grunnvannsutstrømningen fra det undersøkte området til elva Opo eller Sørfjorden ikke vil medføre en belastning på det akvatiske miljøet. Resultatene fra analysene viser at grunnvannets kjemiske sammensetning i liten grad er påvirket av påvist forurensing til jord, vann og luft fra tidligere utslipp fra industrien i nærområdet. Dette har sammenheng med at grunnvannet er naturlig godt beskyttet mot mange typer overflateforurensinger gjennom nedbrytning, filtrering og kjemisk binding i sedimenter. Rask utskifting av grunnvannet med fortynning og utvasking av eventuelle forurensinger som tilføres grunnvannet vil også virke positivt på grunnvannets kjemiske tilstand.

Tabell 11: Resultater for utvalgte kjemiske laboratorieanalyser av grunnvannsprøver fra overvåkingsbrønner i Odda sentrum. Orange markering viser konsentrasjoner over vendepunktverdi

	Dato	NH4-N µg/l	Klorid mg/l	Nitrat mg NO3/l	Sulfat mg/l	Fluorid mg/l	Arsen µg/l	Bly µg/l	Kadmium µg/l	Kvikksølv µg/l	Sink µg/l	Nikkel µg/l
Terskelverdi		500	200	50	100		10	10	5	0.5		
Vendepunktverdi		400	150	37.5	75		7.5	7.5	3.74	0.4		
Smelta	19.10.17	<10	12.9	12.2	8.55	0.1	0.102	<0.05	< 0.010	< 0.005	<1	0.2
	19.6.18	7	17	11	7	0.096	0.063	<0.01	0.011	<0.002	1.09	0.385
	25.10.18	<3	22.9	17	7	<0.200	0.058	0.011	0.006	<0.002	2.11	0.809
Steinparken	19.10.17	25	107	17.6	28.4	0.048	0.152	<0.05	< 0.010	< 0.005	5.4	1.01
	19.6.18	8	320	23	55	0.056	0.131	0.023	0.015	<0.002	1.89	0.375
	25.10.18	<3	95	22	33	<0.200	0.195	0.058	<0.002	<0.002	1.05	0.389
Dagsenter	19.10.17	69	14.4	1.6	9.41	<0.025	0.315	0.088	< 0.010	< 0.005	5.4	1.36
	19.6.18	89	13	0.4	12	0.039	0.403	0.060	0.006	<0.002	3.62	0.308
	25.10.18	76	9.51	0.7	9	<0.200	0.308	0.067	0.004	<0.002	2.56	0.249
Tanken	19.10.17	<10	2.13	3.0	4.62	0.044	0.541	<0.05	< 0.010	< 0.005	<1	<0.2
	19.6.18	7	5	15	9	0.063	0.714	0.013	<0.002	<0.002	<0.2	0.474
	25.10.18	<3	2.26	7.2	6	<0.200	0.395	0.0151	<0.002	<0.002	0.884	0.603
Kommunehuset	19.10.17	<10	6	4.2	4.97	0.29	<0.05	<0.05	0.01	< 0.005	1.1	0.31
	19.6.18	52	9	4.3	4	0.34	<0.05	<0.01	0.010	<0.002	0.835	1.22
	25.10.18	<3	8.52	4.5	6	0.277	<0.05	0.019	0.004	<0.002	4.55	0.442

Tabell 12: Analyseresultater for utvalgte organiske forbindelser (funn uthevet). Det ble påvist totale hydrokarboner (THC) i tre vannprøver. Av PAH-forbindelsene ble det kun påvist naftalen. Alle BTEX forbindelsene, samt tre andre flyktige organiske komponenter, ble påvist i enkelte vannprøver. PCB ble ikke påvist i prøvene (kun analysert i 2017).

	Dato	Totale hydrokarboner (THC)		PAH	BTEX og andre flyktige organiske komponenter								
		>C6-C8 µg/l	>C16-35 µg/l	Naftalen µg/l	Benzen µg/l	Toulen µg/l	Etylbenzen µg/l	m,p-Xylen µg/l	o-Xylen µg/l	Sum BTEX µg/l	1,1,1- Trikloretan µg/l	Trikloretan µg/l	cis-1,2- Dikloretan µg/l
Smelta	19.10.17	-	<20	<0.010	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	< 0.10	< 0.10	-
	19.6.18	<5.0	<30.0	<0.030	<0.20	<1.00	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	<0.10	<0.10	<0.10
	25.10.18	6.3	<30.0	<0.030	0.051	0.8	0.023	-	0.067	0.94	0.15	1.49	0.11
Stein-parken	19.10.17	-	23	<0.010	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	< 0.10	< 0.10	-
	19.6.18	<5.0	<30.0	<0.030	<0.20	<1.00	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	<0.10	<0.10	<0.10
	25.10.18	<5.0	<30.0	<0.030	0.071	0.92	0.039	-	0.1	1.1	0.12	1.22	<0.10
Dagsenter	19.10.17	-	<20	0.019	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	< 0.10	< 0.10	-
	19.6.18	<5.0	<30.0	<0.030	<0.20	<1.00	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	<0.10	<0.10	<0.10
	25.10.18	<5.0	<30.0	<0.030	0.044	0.67	0.027	-	0.075	0.82	0.12	1.23	<0.10
Tanken	19.10.17	-	<20	<0.010	<0.10	0.12	<0.10	<0.20	<0.10	0.12	< 0.10	< 0.10	-
	19.6.18	<5.0	<30.0	<0.030	<0.20	<1.00	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	<0.10	<0.10	<0.10
	25.10.18	<5.0	<30.0	<0.030	0.052	0.93	0.029	-	0.078	1.1	<0.10	1.01	<0.10
Kommune- huset	19.10.17	-	<20	<0.010	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	< 0.10	< 0.10	-
	19.6.18	<5.0	<30.0	<0.030	<0.20	<1.00	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	<0.10	<0.10	<0.10
	25.10.18	7.3	<30.0	<0.030	0.075	0.88	0.038	-	0.095	1.1	0.22	1.86	0.15

"-" = ikke analysert; "n.d." = ikke påvist

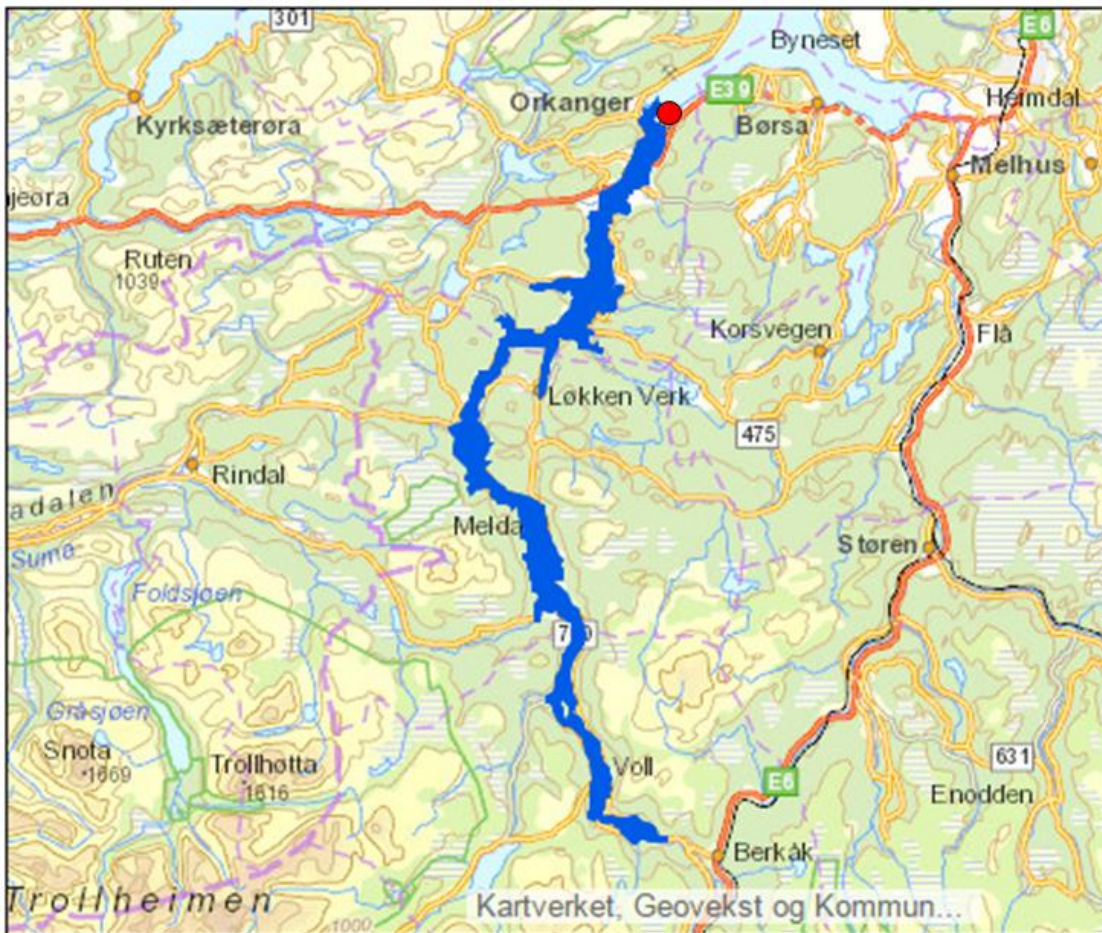
4.6 Orkanger

4.6.1 Lokalisering og utvalgskriterier

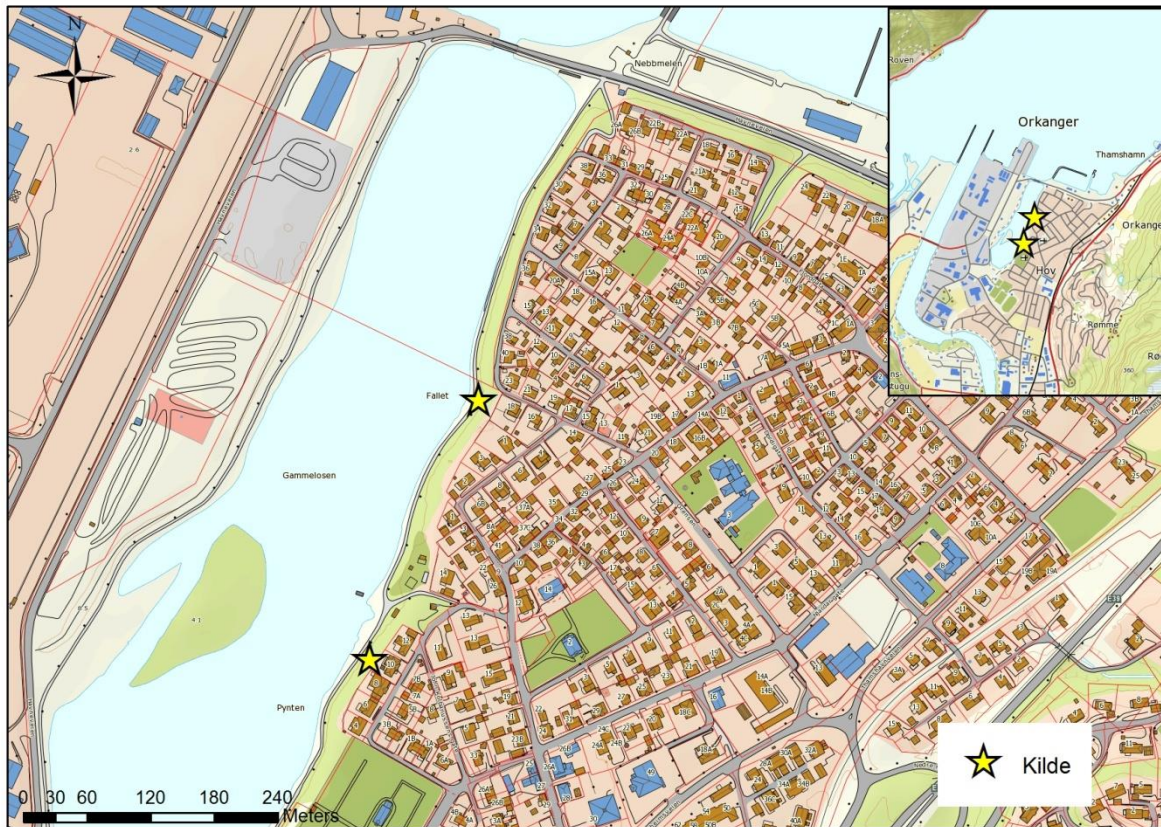
Typelokalitet Orkanger ligger fjordnært på østsiden av Gammelosen nordøst for Orkanger sentrum og utgjør en liten del av den store administrative grunnvannsforkomsten 121-797-G GV-Orkla_Nord (Figur 25). Som det framkommer av stedsnavnet Gammelosen lå dette området tidligere ved elvemunningen av elva Orkla, men en omfattende nedbygging av elvøra som følge av industrialisering og urbanisering i nyere tid har ført til en omlegging av elvemunningens løp.

Lokaliteten er valgt ut for å representere en typisk kystnær grunnvannsforkomst i en sandig grusig elveterasse med liten umettet og mettet sone og et stort oppstrøms nedbørsfelt. Potensiell belastning på grunnvannets kjemiske tilstand er generell urbanisering og nærliggende metallurgisk industri.

Typelokalitet Orkanger ligger i en overgangssone mellom kyst- og innlandsklima med forholdsvis milde vintre og tempererte somre. Gjennomsnittlig årsmiddeltemperatur er 5,9 °C og årsmiddelnedbør er 768 mm der mesteparten av nedbøren kommer i vintermånedene og da delvis som snø.



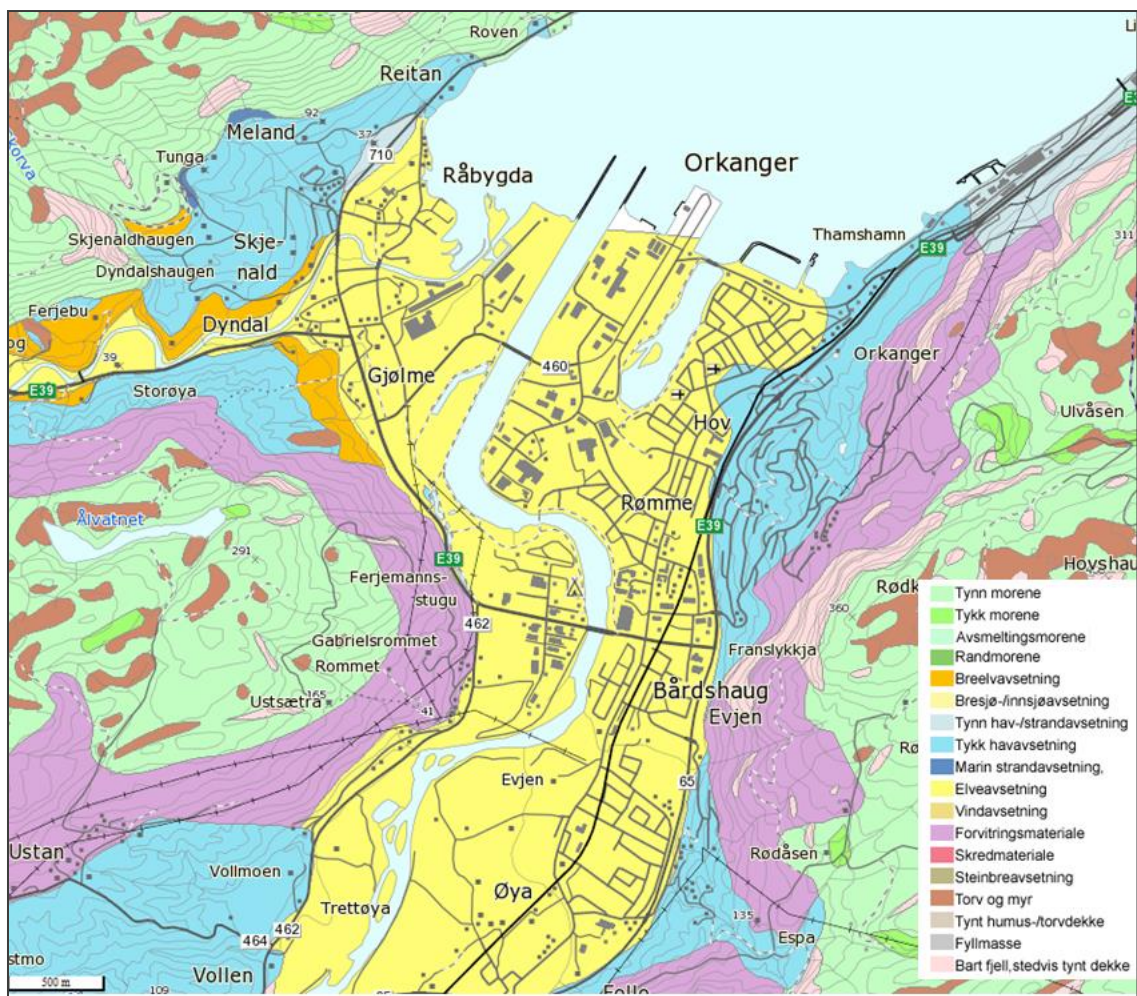
Figur 25: Grunnvannsforkomst Orkla_Nord med lokalisering av typelokalitet Orkanger (bakgrunnskart fra Vann-Nett.no).



Figur 26: Lokalisering av grunnvannsforekomst Orkanger og de to kildeframspringene som overvåkes.

4.6.2 Løsmassegeologi

Løsmassene i nedre del av Orkdalen ligger under marin grense og domineres av et overflatedekke av elveavsetninger bestående av sand og grus (Figur 27). Området som utgjør grunnvannsforekomst Orkanger defineres geologisk som en elveterrasse, og er rester av en tidligere deltauutbygging avsatt ved et høyere havnivå enn dagens nivå. Deltaet dekket trolig hele dalbunnen i munningsområdet til Orkla, men senere landheving med påfølgende elveerosjon har fjernet størstedelen av elvedeltaet. Ved grunnvannsforekomst Orkanger har elva skåret seg gjennom topplaget av sand og grus og ned i de underliggende finkornige fjordavsetningene. Elveerosjonen og den lagdelte geologiske oppbygningen har gitt opphav til flere kilder i elveskråningen ned mot Gammelosen. Kildene tilføres grunnvann ved at nedbør og overflateavrenning fra nedbørsfeltet mot øst infiltrerer det permeable sand- og gruslaget oppe på elveterrassen. Grunnvannet strømmer tilnærmet horisontalt ut mot elveskråningen i overgangen mellom de grove elveavsetningene og de underliggende finkornige lavpermeable fjordavsetningene.



Figur 27: Løsmassekart over Orkanger basert på Reite 1977 (<http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>)

4.6.3 Hydrogeologi

For å kartlegge løsmassesammensetningen mot dypet i elveterrassen ble det sommeren 2015 gjennomført georadarundersøkelser og grunnboringer i nærområdet til kildene. Resultatet fra disse grunnundersøkelsen viser gjennomgående liten mektighet på det permeable topplaget av sand og grus (maks. 2 – 3 m), og med en tydelig overgang til underliggende finkornige lavpermeable fjordavsetninger. Det ble på grunn av liten mektighet på de grovkornete sedimentene ikke etablert observasjonsbrønner i dette området. Det er derfor ikke mulig å framstille et strømningskart på grunnvannet i dette området, men ut fra de utførte undersøkelsene indikerer dette en hovedretning på grunnvannstrømmen fra fjellsiden i øst mot vest med utløp og kildeutspring i Gammelosen. Det naturlige nedbørsfeltet til kildeutspringene er stort og strekker seg langt opp i fjellsiden mot øst, og skulle normalt gi betydelig vannføring i kildene. Det registreres imidlertid gjennomgående liten vannføring i de to kildene (10 – 20 L/min), noe som indikerer at hydrologiske forholdene i nedbørsfeltet er sterkt modifisert gjennom aktiv overvannshåndtering og bortledning av bekker og dreneringsvann via vann- og avløpsledninger. Den reelle nydanningen av grunnvann i akviferen og gjennomstrømning i akviferen som forsyner kildene er derfor betydelig påvirket av urban aktivitet. For mer detaljert beskrivelser av resultatene fra grunnboringene, georadarundersøkelsene, løsmassegeologi og hydrogeologiske forhold henvises det til hovedrapporten utarbeidet for typelokaliteten (Dagestad m.fl. 2017).

4.6.4 Prøvetaking og analyse

I perioden juli 2015 - oktober 2018 ble det tatt ut flere grunnvannsprøver fra begge kilder til fysiske analyser, samt kjemiske analyser for en rekke uorganiske elementer og forbindelser. Fra høsten 2016 ble det også tatt ut grunnvannsprøver for analyse av et utvalg organiske stoffer. I 2015 til 2017 ble vannprøvene analysert dels ved NGUs laboratorium, Analysesenteret og Eurofins, mens alle vannprøver fra 2018 ble analysert ved ALS.

I forbindelse med uttak av vannprøver ble det også utført feltmålinger av pH, oksygeninnhold, elektrisk ledningsevne, temperatur og alkalitet. I en samlelum ved utløpet av den nordligste kilden (Kortbølgen) ble det installert en automatisk logger for måling av grunnvannstemperatur og elektriske ledningsevne for å kartlegge eventuelle variasjoner i grunnvannet kjemiske sammensetning.

4.6.5 Resultater vannanalyser 2015 – 2018

Tabell 13 og Tabell 14 viser en sammenstilling av et representativt utvalg av analyseresultater fra de utførte undersøkelsene. Et større utvalg av analyseresultater kan finnes i vannmiljødatabasen. En fullstendig oversikt over samtlige utførte vannanalyser er gjengitt i hovedrapporten utarbeidet for typelokaliteten (Dagestad m.fl. 2017).

Sett under ett viser de utførte analysene at grunnvannet i kildene har god kjemisk tilstand. Det måles meget lave konsentrasjoner av samtlige tungmetaller og andre miljøbelastende elementer og forbindelser. Det måles noe forhøyde verdier av nitrat (NO_3^-) i kilde Kortbølgen som viser at grunnvannskjemien er påvirket av urban aktivitet, men de målte konsentrasjonene ligger godt under angitte terskel- og grenseverdi. Det registreres tidvis også noen organiske forurensninger i grunnvannet i begge kilder, men konsentrasjonen av disse organiske forbindelsene er alle meget lave.

Automatisk måling av grunnvannets elektriske ledningsevne i grunnvannet i kilde «Kortbølgen» varierer betydelig og hurtig over måleperioden. Ut fra de kjemiske analysene kan det se ut til at dette er forårsaket av høye klorid (Cl^-) og sulfat (SO_4^{2-}) konsentrasjoner som indikerer sjøvannspåvirkning. Det har ikke lyktes å ta ut grunnvannsprøver i episoder med spesielt høy ledningsevne i vannet for å fastslå om dette er den eneste årsaken til variasjoner i grunnvannets elektriske ledningsevne. Det antas likevel at de utførte analyser er representative for grunnvannets kjemiske tilstand i måleperioden.

4.6.6 Oppsummering kartlegging kjemisk tilstand

Basert på den utførte kartleggingen og karakteriseringen kan typelokalitet Orkanger klassifiseres som moderat til lite påvirket av den urbane aktiviteten i tilstrømningsområdet til prøvetakingskildene. Tilstrømningsområdet til kildene er imidlertid noe uavklart da vannføring i kildene er relativ liten som følge av at området oppstrøms kildene er sterkt påvirket av overvannsdrenering. Det antas likevel at resultatene fra de utførte vannanalysene er tilstrekkelig representative til å konkludere med at typelokalitet Orkanger har god kjemisk tilstand.

Tabell 13: Analyseresultater for utvalgte kjemiske laboratorieanalyser av grunnvannsprøver fra kildene i Orkanger.

	Dato	NH4-N µg/l	Klorid mg/l	Nitrat mg NO3/l	Sulfat mg/l	Arsen µg/l	Bly µg/l	Kadmium µg/l	Kvikksølv µg/l
Terskelverdi		500	200	50	100	10	10	5	0.5
Vendepunktverdi		400	150	37.5	75	7.5	7.5	3.74	0.4
kilde "Kortbølgen"	01.07.2015	<10	39.9	15.2	46.0	0.46	<0.05	0.093	-
	31.08.2015	10	48.9	12.7	47.8	<10	<5	<0.5	-
	11.05.2016	10	32.8	15.9	45.2	<10	<5	<0.5	-
	25.08.2016	<10	59.2	15.2	19.2	0.52	<0.20	0.12	0.008
	22.05.2017	20	33.2	12.7	48.2	0.39	0.063	0.13	0.007
	13.10.2017	<11	47	11.1	43.8	0.51	<0.05	0.128	-
	27.06.2018	<3	89.5	13	50	0.42	0.025	0.119	<0.002
	31.10.2018	16	24	12	39	0.34	0.026	0.058	<0.002
kilde "Troa"	31.08.2015	<10	50.1	5.4	20.7	<10	<5	<0.5	-
	11.05.2016	<10	49.1	4.7	18.7	<10	<5	<0.5	-
	25.08.2016	<10	66.8	4.1	55.4	0.38	<0.20	0.042	<0.005
	22.05.2017	<10	41.5	4.0	18.9	0.38	<0.05	0.039	< 0.005
	13.10.2017	<11	44.8	6.0	16.1	0.46	0.053	0.05	< 0.005
	27.06.2018	<3	62.8	5.4	17	0.34	<0.01	0.047	<0.002
	31.10.2018	15	69	8.7	24	0.48	<0.01	0.055	<0.002

"-" = ikke analysert

Tabell 14: Analyseresultater for utvalgte organiske forbindelser (funn uthevet). Det ble påvist PAH-forbindelser i to vannprøver. Bortsett fra toluen ble det ikke påvist BTEX-forbindelser eller andre flyktige organiske komponenter. Det ble ikke påvist totale hydrokarboner eller PCB. Ingen av de organiske forbindelsene ble undersøkt i hver prøvetakingsrunde.

	Dato	PAH-forbindelser								BTEX
		Naftalen µg/l	Fluoranten µg/l	Pyren µg/l	Benzo(a)antracen µg/l	Krysen/Trifenylen µg/l	Benzo(b)fluoranten µg/l	Benzo(a)pyren µg/l	Sum PAH(16)EPA µg/l	Toulen µg/l
kilde "Kortbølgen"	01.07.2015	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	31.08.2015	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	11.05.2016	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	25.08.2016	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	<0.10
	22.05.2017	<0.010	0.03	0.024	0.011	0.012	0.014	0.012	0.11	<0.10
	13.10.2017	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	27.06.2018	<0.030	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	<1.00
	31.10.2018	<0.030	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	<0.020
kilde "Troa"	31.08.2015	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	11.05.2016	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	25.08.2016	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	<0.10
	22.05.2017	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	<0.10
	13.10.2017	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	<0.10
	27.06.2018	0.03	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	0.03	<1.00
	31.10.2018	<0.030	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	0.022

"-" = ikke analysert; "n.d." = ikke påvist

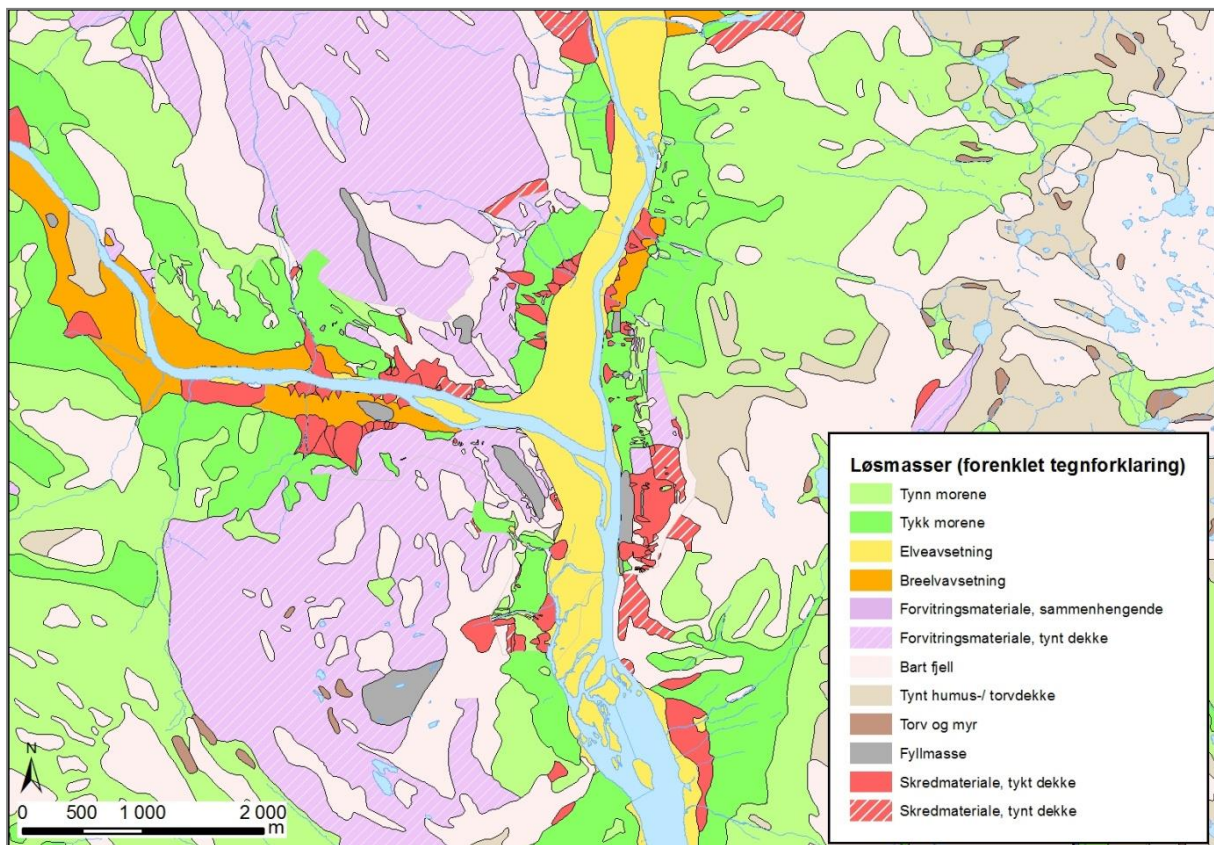
Lokaliteten er valgt ut for å representere en grunnvannsforekomst i en typisk fluvial elvevifte av permeabel sand og grus over marin grense. Den største lokale kilden til påvirkning på grunnvannets kjemiske status er generell urbanisering.

Grunnvannsforekomst Otta ligger i en sone med innlandsklima, med forholdsvis kalde vintre og varme somre. Basert på registreringer fra den meteorologiske målestasjonen Otta-Bredvangen var den gjennomsnittlige årsmiddeltemperaturen 2.3 °C i perioden 1970-1990. Middelttemperaturen varierer lite om vinteren. Med en gjennomsnittlig nedbør på bare 375 mm per år representerer klimaet på Otta neo av de mest nedbørsfattige områdene i landet.

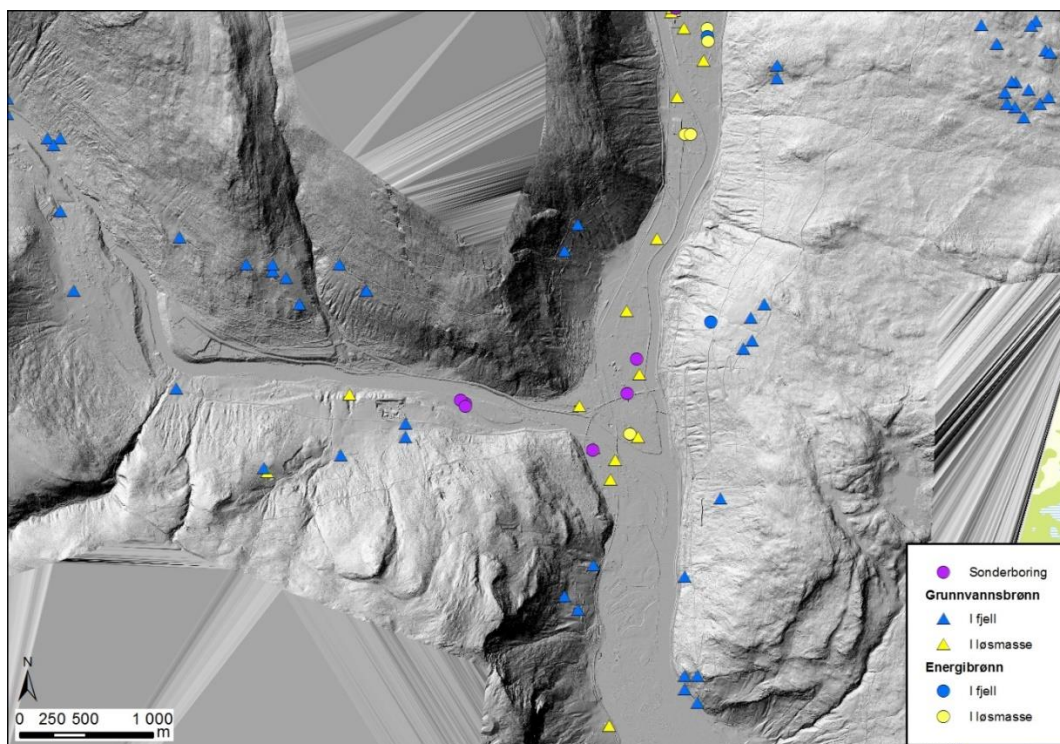
4.7.2 Løsmassegeologi

Området som typelokalitet Otta er en del av ligger over marin grense, og ut fra NGUs kvartærgeologiske kart består løsmassene i dalbunnen utelukkende av elveavsetninger av sand og grus (Figur 30). Dalsidene består av morenedekke med varierende tykkelse med stedvis innslag av mektigere terrasser av breelvasetninger stedvis overlagret av skredmateriale.

Løsmassene i Otta sentrum består av et topplag av sandige elveavsetninger med gode dreneringsforhold. Dette topplaget avgrenses i øst av elva Gudbrandsdalslågen og av morene- og skredmateriale i dalsiden i vest.



Figur 30: Kvartærgeologisk kart over området ved grunnvannsforekomst Otta (kilde: www.ngu.no).



Figur 31: Høyoppløselig terrengmodell (Lidar data 2013, 1m), inklusive brønner og sonderboringer registrert i grunnvannsdaten hos NGU (http://geo.ngu.no/kart/granada_mobil/).

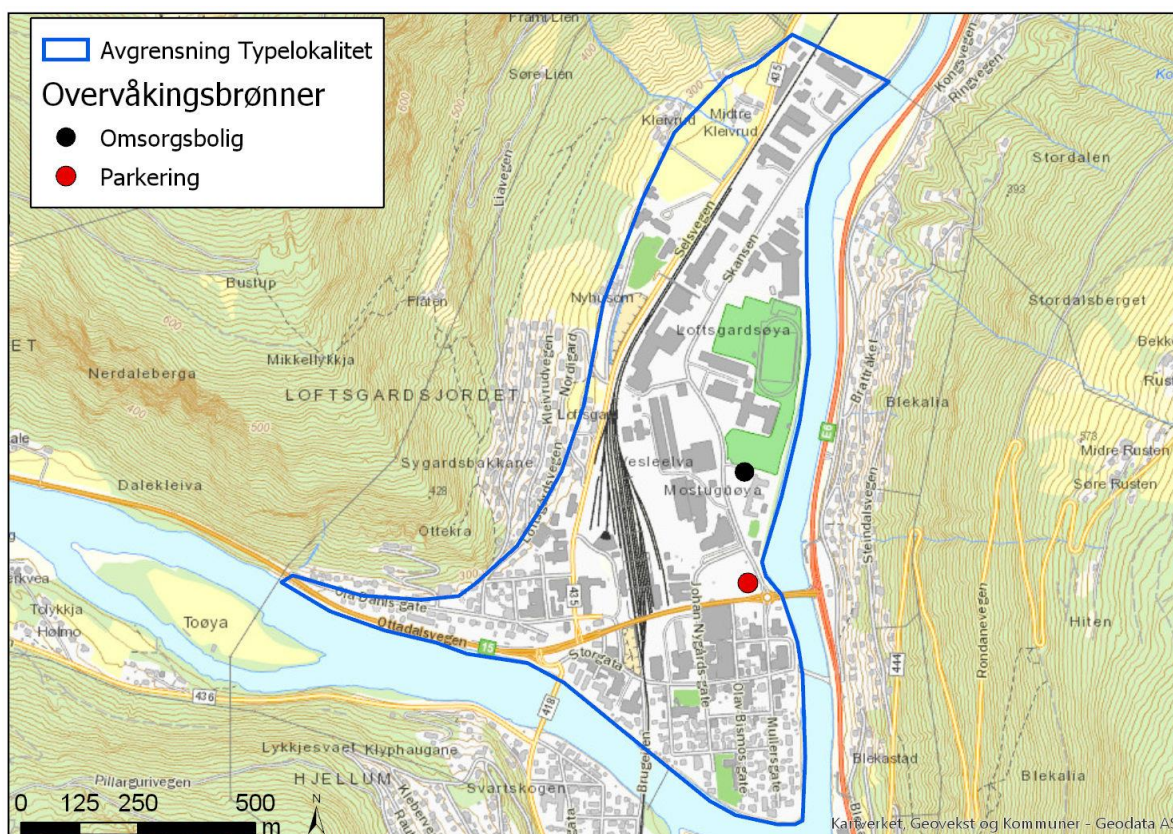
4.7.3 Hydrogeologi

To overvåkingsbrønner ble etablert i Otta sentrum i desember 2016 for å kartlegge løsmassesammensetningen mot dypet samt registrering av grunnvannsnivå og uttak av grunnvannsprøver (Figur 32). Brønnene er utført i PEH materialet godkjent for miljøundersøkelse. Dypet til grunnvannspeilet var 4,5 m ved omsorgsboligen og 3,5 m ved parkeringen ved etablering av brønnene. Filterseksjonen på 4 m er plassert fra 5-9 m dypde i begge brønnene. Løsmassene ved begge lokalitetene består av sand, grus og stein. Det er installert digitale logger i begge brønnene for kontinuerlig måling av grunnvannsnivå og temperatur samt elektrisk ledningsevne i grunnvannet.

Ut fra tilgjengelig geologisk informasjon antas at det at typelokalitet Otta har begrenset utstrekning, og er definert av utstrekning og mektighet på det sandige topplaget på elveterrassen. Det naturlige nedbørfeltet strekker seg fra elveneskjæringen i øst og til vannskille øverst i dalsiden i vest (se nedbørfelt i Figur 29). Grunnvannsførekosten blir trolig tilført betydelige mengder overflatevann fra områder som ligger utenfor selve lokalitetens geologiske avgrensning, både fra elva Otta og fra det nære nedbørfeltet i fjellsiden opp mot fjellet Haldorpiggen. De hydrologiske forholdene er imidlertid sterkt modifisert gjennom aktiv overflatehåndtering. Avskjærende grøfter langs veier samt bortledning av nedbør fra bebygde flater til overvannsledninger og avløp vil sterkt påvirke den naturlige overflateavrenningen og infiltrasjonen i dette område.

Boringer som ble utført i forbindelse med en kartlegging av grunnvarmepotensialet i Otta (Dagestad m.fl. 2005), viste at mektigheten på løsmasseavsetningene i Otta sentrum er betydelig, med grove masser ned til 30-40 m dyp i områdene nærmest elva Otta. Ifølge numerisk grunnvannsmodelleringen for Otta som ble presentert i samme rapport, endrer strømningsbildene seg betydelig gjennom året. Ved normal vannføring i vassdragene Otta og Lågen er det akviferen som mater elva, mens det i flomperioder blir tilført ellevann til akviferen.

Hovedrapporten for typelokalitet Otta (Seither m.fl. 2019) gir en mer utfyllende beskrivelse av løsmassegeologien og de hydrogeologiske forholdene.



Figur 32: Oversikt over typelokaliteten og beliggenhet av overvåkningsbrønnene ved omsorgsboligen og parkeringsplassen.

4.7.4 Prøvetaking og analyser

I perioden desember 2016 til november 2018 ble det ved fem anledninger tatt ut vannprøver til fysiske og kjemiske analyser fra de to prøvetakingsbrønnene. Sugepumpe ble benyttet for uttak av grunnvannsprøver.

I forbindelse med uttak av vannprøver ble det også utført feltmålinger av pH, elektrisk ledningsevne, temperatur og alkalitet. Manuelle målinger av grunnvannsnivå og avlesning av de digitale loggerne ble også utført. Vannprøvene ble sendt så hurtig som mulig etter uttak til kjemisk laboratorium for analyse av en rekke uorganiske elementer og forbindelser samt et utvalg organiske stoffer. I 2016 og 2017 ble vannprøvene analysert ved Eurofins mens vannprøvene fra 2018 ble analysert ved ALS. Begge laboratorier er akkreditert for de utførte vannanalysene.

4.7.5 Resultater vannanalyser 2016 – 2018

Tabell 15 og Tabell 16 viser en sammenstilling av et representativt utvalg av analyseresultater fra de utførte undersøkelsene. Et større utvalg av analyseresultater finnes i vannmiljødatabasen (<https://vannmiljo.miljodirektoratet.no/>). En fullstendig oversikt over samtlige utførte vannanalyser frem til november 2018 finnes i hovedrapporten for typelokaliteten (Seither m.fl. 2019).

Totalt sett viser de utførte vannanalysene at grunnvannet i det undersøkte området har god kjemisk tilstand. Det måles meget lave konsentrasjoner av samtlige tungmetaller; de fleste er under deteksjonsgrensen. Det ble registrert forhøyede konsentrasjoner av nitrat i noen av vannprøvene som viser at grunnvannet er moderat påvirket av urban aktivitet.

PAH- og flyktige organiske komponenter (BTEX-forbindelser og Dibrometan) ble påvist i henholdsvis to og fem vannprøver, men i meget lave konsentrasjoner. PAH-forbindelsen Naftalen ble påvist i begge brønnene i en vannprøve. For BTEX-forbindelsene er det konsentrasjonen av toluen som er høyest, men verdiene er fortsatt langt unna grenseverdien for drikkevann anbefalt av WHO (700 µg/l).

Tabell 15: Analyseresultater for utvalgte kjemiske laboratorieanalyser av grunnvannsprøver fra brønner ved omsorgsboligen og parkeringsplassen.

	Dato	NH4-N µg/l	Klorid mg/l	Nitrat mg NO3/l	Sulfat mg/l	Arsen µg/l	Bly µg/l	Kadmium µg/l	Kvikksølv µg/l
Terskelverdi		500	200	50	100	10	10	5	0.5
Vendep.verdi		400	150	37.5	75	7.5	7.5	3.74	0.4
Omsorgsbolig	13.12.2016	<10	3.63	2.3	9.35	<0.20	<0.20	<0.010	<0.005
	11.07.2017	<10	8.8	4.4	12.1	<0.05	<0.05	< 0.010	< 0.005
	11.10.2017	<11	14.3	9.0	17.8	<0.05	<0.05	< 0.010	< 0.005
	23.06.2018	4	11.5	6.9	16	<0.05	0.019	<0.002	<0.002
	02.11.2018	14	17	9.9	19	<0.05	0.018	<0.002	<0.002
P-plass	13.12.2016	<10	3.83	1.5	6.49	<0.20	<0.20	<0.010	<0.005
	11.07.2017	<10	1.48	1.0	6.24	0.092	<0.05	< 0.010	< 0.005
	11.10.2017	<11	1.59	1.0	4.47	0.07	<0.05	< 0.010	< 0.005
	23.06.2018	<3	1.41	1.0	5	0.079	0.016	<0.002	<0.002
	02.11.2018	10	3	1.1	5	0.064	<0.01	<0.002	<0.002
	02.11.2018 (DUBLETT)	14	3	1.1	5	0.060	0.011	<0.002	<0.002

"-" = ikke analysert

Tabell 16: Organiske analyser viser funn av PAH-forbindelsen Naftalen i to vannprøver og funn av BTEX-forbindelser og andre organiske komponenter (VOC) (funn uthevet). Ingen andre PAH-forbindelser eller VOC ble påvist. Totale hydrokarboner ble ikke påvist i noen av prøvene. Prøvene ble ikke analysert på PCB i 2018, men det ble ikke påvist PCB i noen av prøvene fra 2016 eller 2017.

	Dato	PAH	BTEX og andre flyktige organiske komponenter						Sum BTEX µg/l	1,2- Dibrometan µg/l
		Naftalen µg/l	Benzen µg/l	Toulen µg/l	Etylbenzen µg/l	m,p-Xylen µg/l	o-Xylen µg/l			
Omsorgsbolig	13.12.16	0.017	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	<0.10	
	11.07.17	<0.010	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	< 0.10	
	11.10.17	<0.010	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	< 0.10	
	23.06.18	<0.030	0.49	4.3	0.2	0.38	0.17	5.54	-	
	02.11.18	<0.030	<0.020	0.096	<0.020	-	0.079	0.18	-	
P-plass	13.12.16	0.013	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	<0.10	
	11.07.17	<0.010	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	< 0.10	
	11.10.17	<0.010	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.	0.13	
	23.06.18	<0.030	<0.20	1.29	0.11	<0.20	<0.10	1.4	-	
	02.11.18	<0.030	0.023	0.12	0.023	-	0.09	0.26	-	
	02.11.18 (DUB.)	-	-	-	-	-	-	-	-	

"-" = ikke analysert; "n.d." = ikke påvist; DUB. = dublett

Automatisk måling av grunnvannets elektriske ledningsevne i overvåkingsbrønnene viser at ledningsevne, og følgelig grunnvannets kjemiske sammensetning, kan variere mye over året. Elektrisk ledningsevne i grunnvann ved omsorgsboligen varierer mellom 112 $\mu\text{S/cm}$ og 276 $\mu\text{S/cm}$, der de fem grunnvannsprøvene som er tatt ut i overvåkingsperioden representerer perioder både med lav og høy elektrisk ledningsevne. Det forventes derfor at analyseresultatene for grunnvannsprøvene er representative for grunnvannets kjemiske sammensetning i brønnen i måleperioden.

Elektrisk ledningsevne i grunnvann ved parkeringen varierer mellom 28 $\mu\text{S/cm}$ og 180 $\mu\text{S/cm}$. Ved alle prøvetakinger var den elektriske ledningsevnen $\leq 60 \mu\text{S/cm}$ og det har følgelig ikke vært mulig å kartlegge årsaken til endringer i vannkjemien ved denne brønnen.

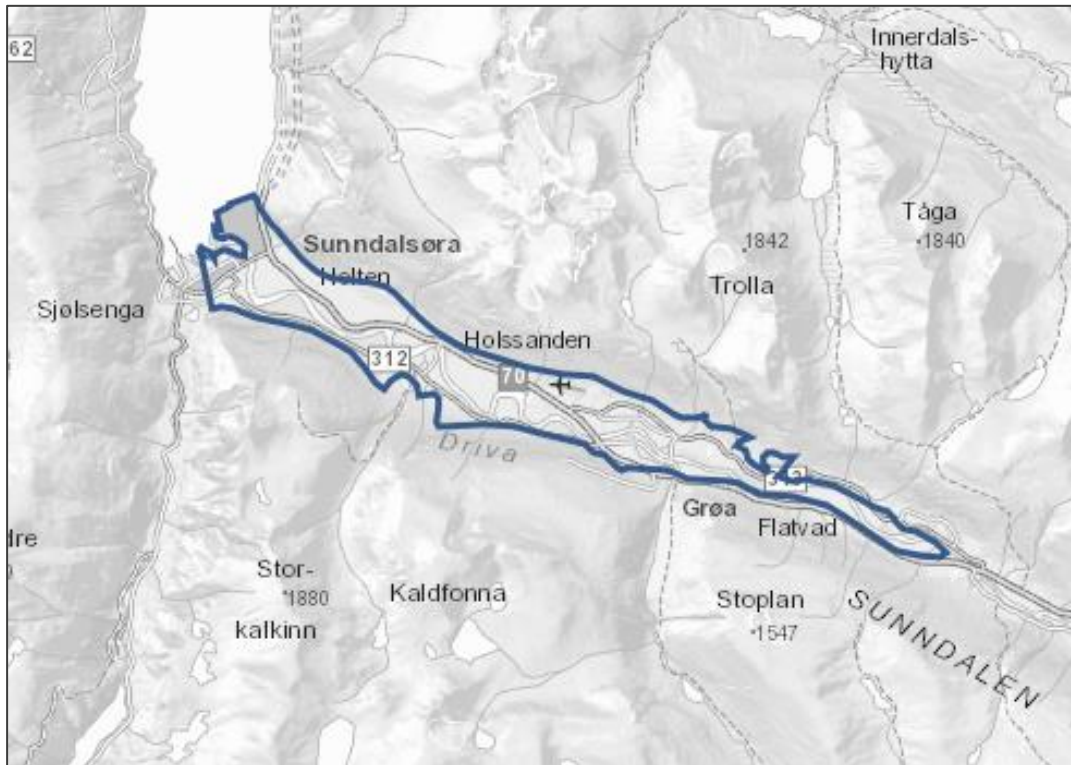
4.7.6 Oppsummering kartlegging kjemisk tilstand

Kartlegging og overvåking av grunnvannskjemi i de to overvåkingsbrønnene tyder på at typelokalitet Otta har god kjemisk tilstand i måleperioden fra desember 2016 til november 2018. Manglende vannanalyser fra perioder med relativ høy ledningsevne i overvåkingsbrønnen ved parkeringen knytter imidlertid noe usikkerhet til denne vurderingen.

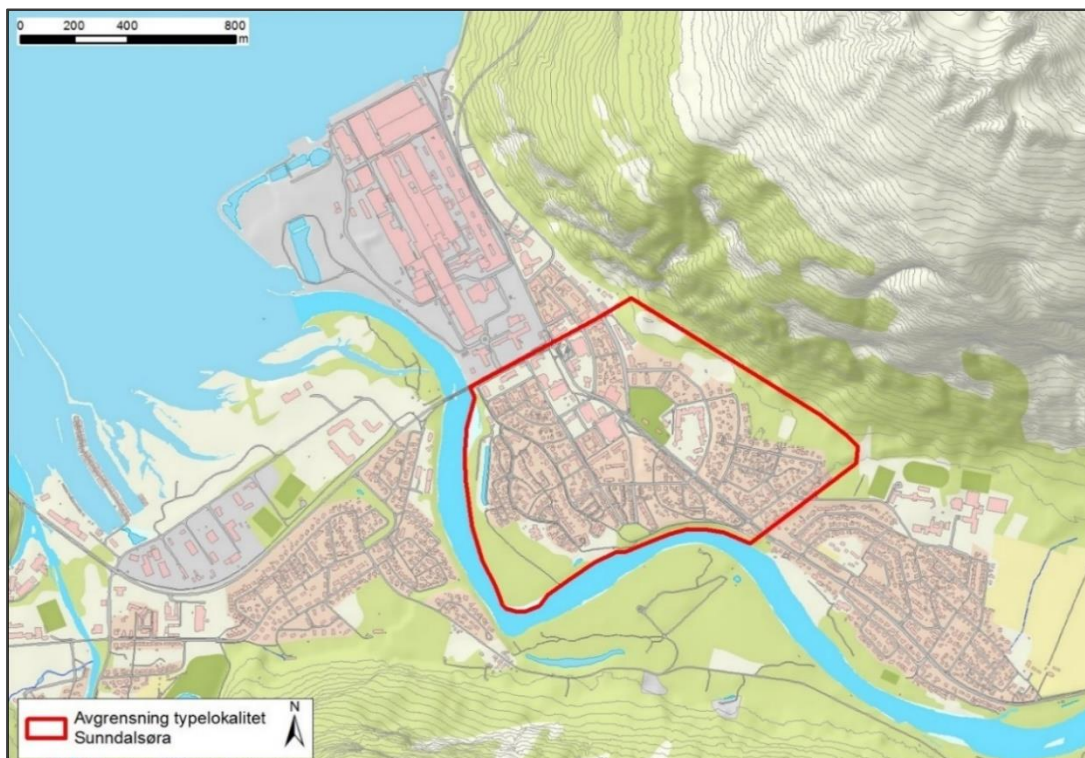
4.8 Sunndalsøra

4.8.1 Lokalisering og utvalgsriterier

Typelokalitet Sunndalsøra utgjør deler av Sunndalsøra sentrum, og er en del av den større grunnvannsforekomsten 109-678-G Sunndalen (se Figur 33 og Figur 34).



Figur 33: Utstrekning på den administrative grunnvannsforekomsten 109-678-G Sunndalen (www.vann-nett.no).



Figur 34: Geografisk avgrensning av typelokalitet Sunndalsøra.

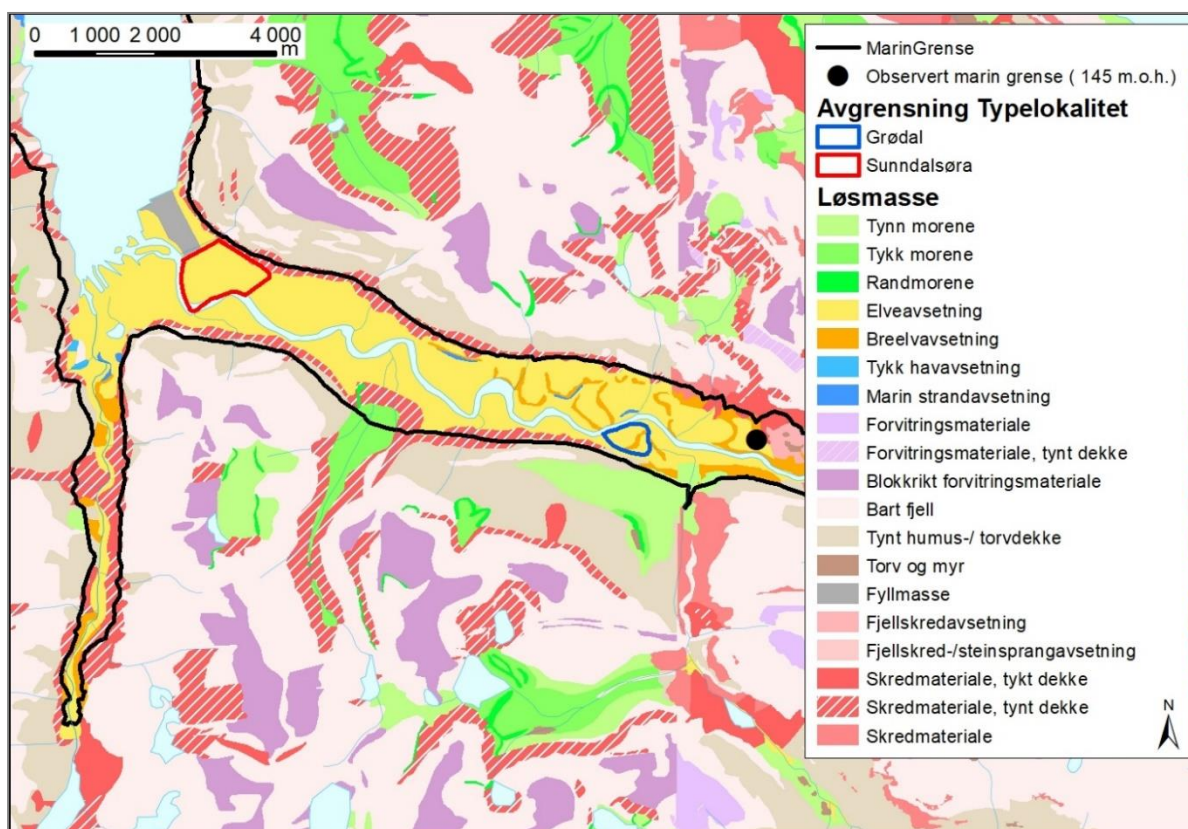
Typelokalitet Sunndalsøra ligger ved utløpet av elva Driva. Elva er en hydrogeologisk grense og markerer avgrensningen av undersøkelsesområdet mot sør, sørøst og vest. Mot nord og nordøst avgrenses typelokaliteten av overgangen mot Vinnufjellet og Trolla, mot nordvest av industritomten til Hydro Aluminium. Det finnes ikke tilstrekkelig geologisk informasjon til en sikker hydrogeologisk avgrensning mot øst, men grensen er av praktiske årsaker satt ved en gammel elvenedskjæring ved Fagerhaugvegen.

Typelokalitet Sunndalsøra er valgt ut for å representere et typisk sandig/grusig fjorddelta med liten umettet sone, med et stort nedbørsfelt som gir betydelig overvannsinfiltrasjon og forventet rask utskifting av grunnvann. Klimatisk representerer Sunndalsområdet et kystklima med forholdsvis milde vintre og tempererte somre.

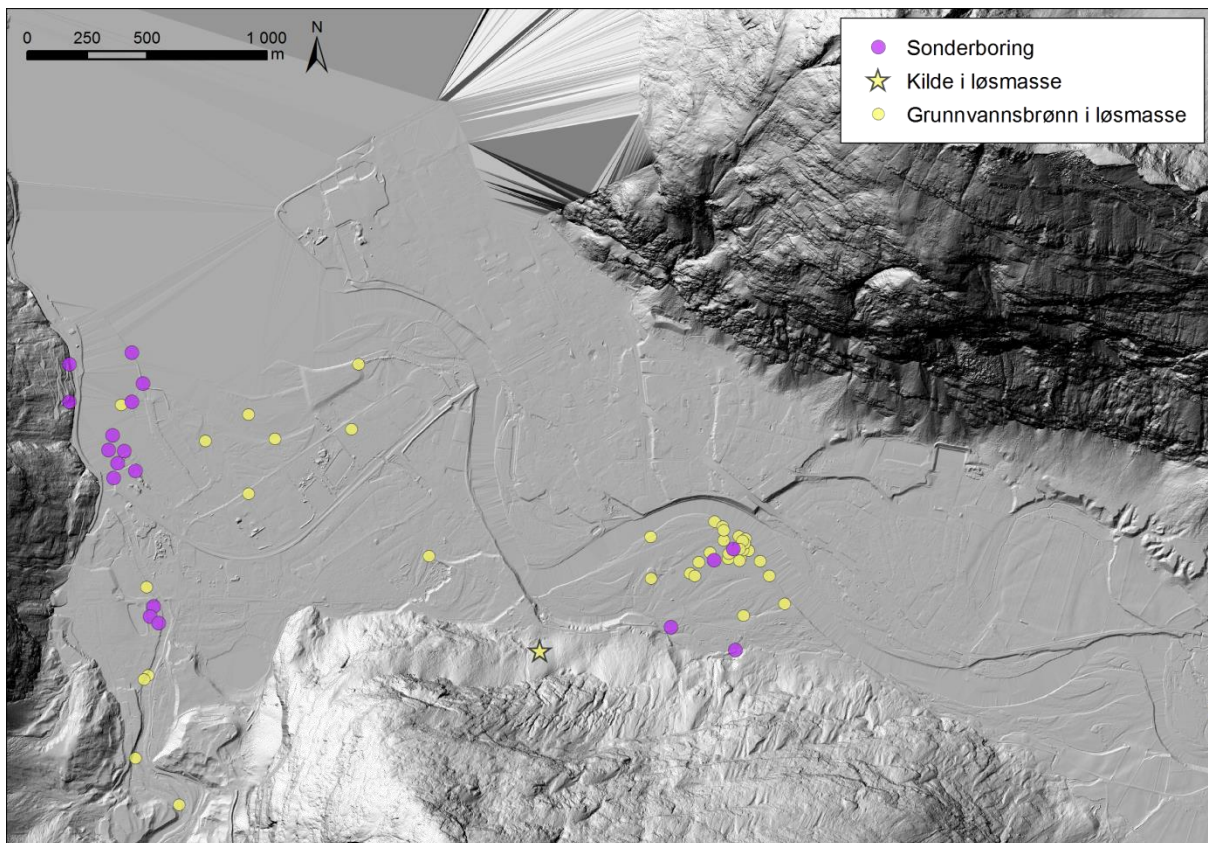
De største lokale kildene til belastning på grunnvannets kjemiske tilstand er generell urbanisering og tidligere utslipp til luft fra smelteverket Hydro Aluminium Sunndal.

4.8.2 Løsmassegeologi

Området ved typelokalitet Sunndalsøra defineres som en elveterrasse, og avsetningene er en del av en eldre deltautbygging som i takt med landhevingen har blitt erodert av skiftende elveløp. Disse elveløpene har senere blitt fylt opp av sand og finkornige løsmasser. Området i nedre del av Sunndalen ligger under marin grense der løsmassene domineres av et overflatedekke av elveavsetninger av sand og grus (Figur 35). Marine avsetninger er sterkt erodert av elva, men de er eksponert i noen terrasseskråninger der de er overlagret av breelv- eller elvemateriale (se terrengmodell i Figur 36). Seismiske profiler fra deler av Sunndalen og Litledalen tyder på at det er tykke hav- og fjordavsetninger under breelv- og elveavsetningene. Ifølge Follestad (1987) varierer tykkelsen av disse avsetningene fra cirka 60 m i Sunndalen til minst 500 m på Sunndalsøra. Ved bruket Hoås, som ligger cirka 10 km fra elvemunningen til Driva, er det en meget markert israndavsetning tvers over Sunndalen (Follestad 1987).



Figur 35: Kvartærgeologisk kart over området ved grunnvannsforkomst Sunndalen (kilde: http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/).



Figur 36: Høyoppløselig terrengmodell (Lidar data 2013, 1m punkttetthet). Tidligere elveløp med erosjonskanter framkommer tydelig i dalgangen langs Drivas løp.

4.8.3 Hydrogeologi

Det forventes at kun en begrenset del av nedbøren på selve avsetning vil infiltrere grunnen, da mye av nedbøren i sentrum vil bli drenert ut av området gjennom overvanns- og avløpssystemet. Akviferen under Sunndalsøra sentrum har imidlertid et stort nedbørsfelt i dalsiden mot nord og det forventes at mye av nedbøren i dette område vil infiltrere ned i grunnen i overgangen mellom dalsiden og grunnvannsforekomsten. Dette medfører at vanngjennomstrømningen i akviferen er stor og at grunnvannet i akviferen følgelig skiftes ut hyppig. Det forventes at disse hydrogeologiske forholdene vil ha stor betydning på grunnvannet kjemiske tilstand ved at eventuelle forurensinger som tilføres grunnvannet raskt vil bli fortynnet og ført til ut til elva.

Høsten 2016 ble det etablert fire overvåkingsbrønner i Sunndalsøra sentrum for å kartlegge løsmasse-sammensetningen mot dypet og for registrering av grunnvannsnivå og uttak av grunnvannsprøver (Figur 37).

Overvåkingsbrønnene har en diameter på 50 mm og består av plastmaterialet PEH som er godkjent for miljøundersøkelser. Den nederste delen av brønnen som står i kontakt med grunnvannet, har slisser som tillater uttak av grunnvannsprøver og registrering av grunnvannsnivå. Dypet til grunnvannsspeilet varierer brønnene imellom, men filterseksjonen er plassert i øvre del av mettet sone i alle brønnene. Registrering av løsmassesammensetningen under boringene med uttak av løsmasseprøver viser at grunnvannsforekomsten hovedsakelig består av sand, grus og stein i umettet sone, og sand og grus i mettet sone, noe som gir gode vannføringssegenskaper. Det er installert digitale loggere for automatisk måling av grunnvannsnivå og grunnvannstemperatur i samtlige overvåkingsbrønner. I brønnene ved barnehagen og ved rådhuset er det installert loggere som også måler grunnvannets elektriske ledningsevne. Sammenstilling av måleseriene for grunnvannsnivå i de ulike brønnene viser tydelig at både hydraulisk kontakt med elva Driva og det nære nedbørsfeltet påvirker nivået.

For å kartlegge strømningsforholdene i akviferen ble det gjort vannstandsmålinger med differensiell GPS langs elva. Disse vannstandsmålingene ble kombinert med målinger av grunnvannsnivå fra samme tidspunkt for å få et situasjonsbilde av grunnvannsstrømmen i akviferen (Figur 38). Figuren viser at hovedstrømningsretning går fra nordøst til vest og at det er store forskjeller i grunnvannsnivå på kort

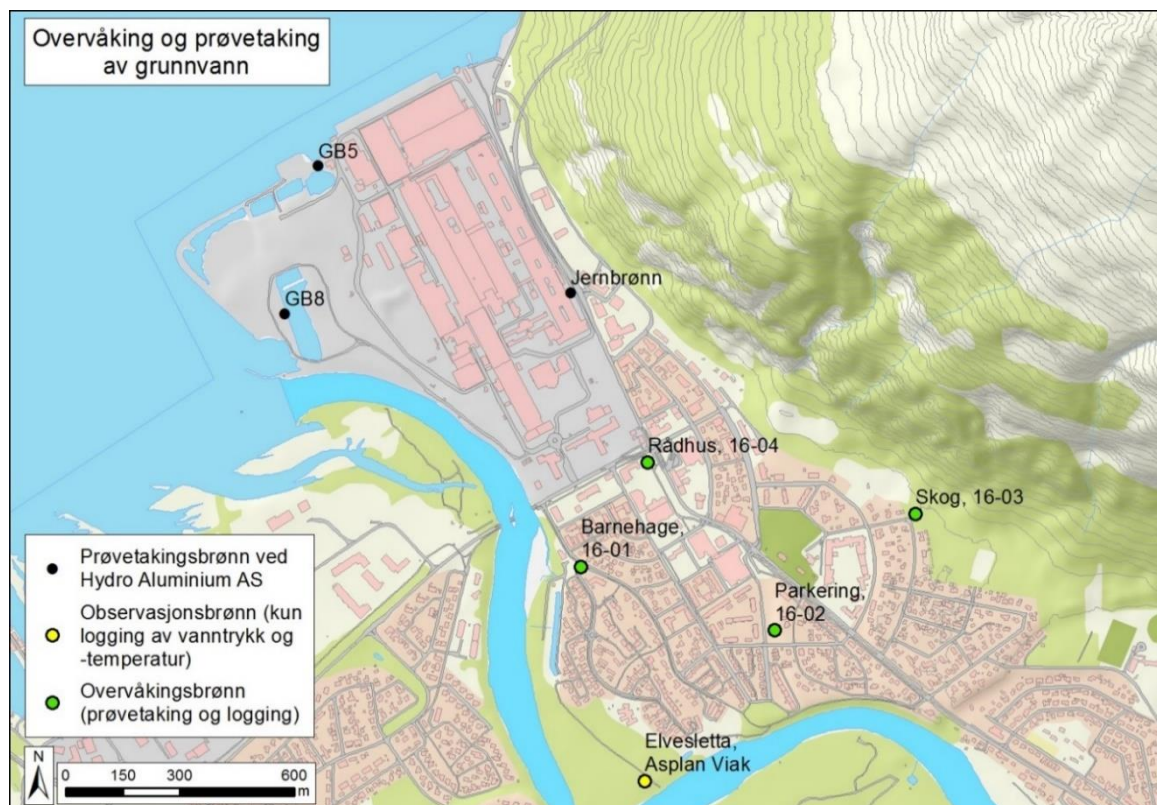
avstand i den østlige delen av undersøkelsesområdet, mens det er mindre nivåforskjeller i Sunndalsøra sentrum. Strømningsbildet variere en del over tid, men det forventes likevel at strømningsforholdene gitt i Figur 38 vil være representativ for det generelle strømningsbilde i akviferen gjennom året.

4.8.4 Prøvetaking og analyser

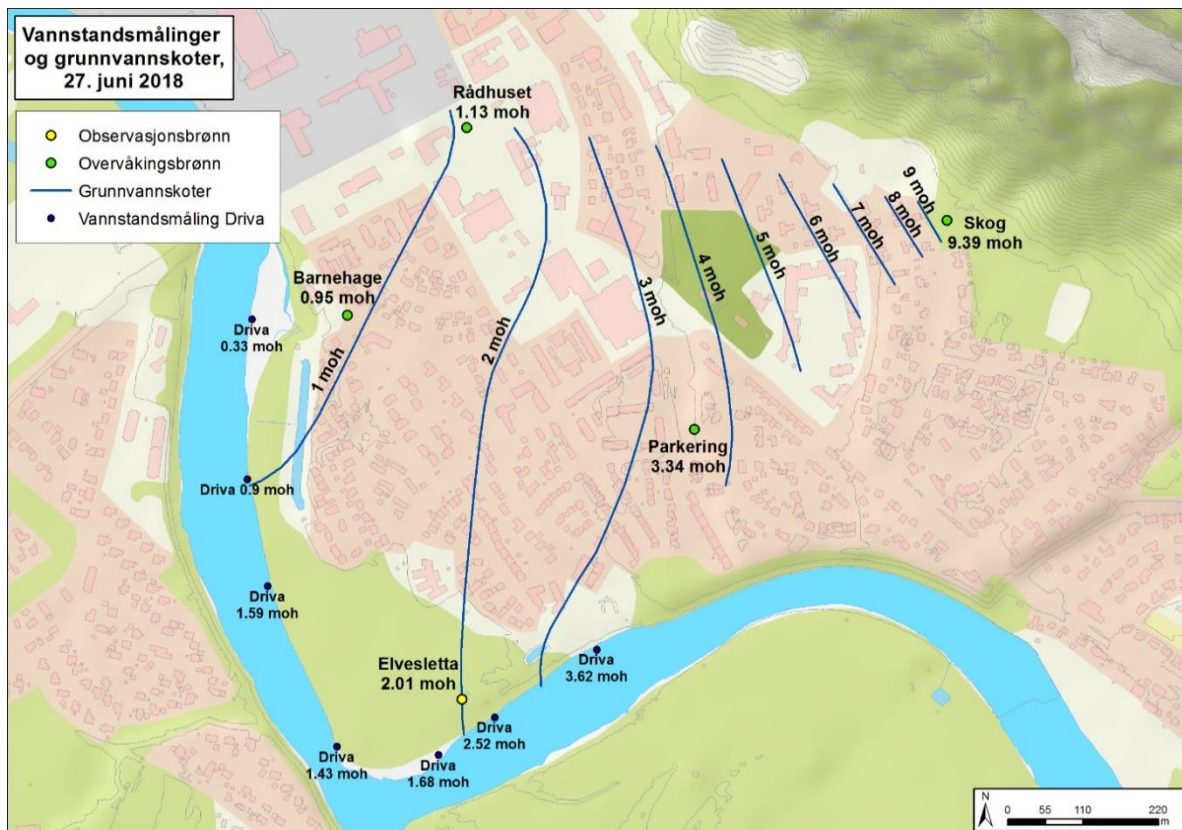
Brønner som ble prøvetatt i forbindelse med kartleggingen av grunnvannslokaliteten er vist på kartet i Figur 37.

For å få innblikk i Hydro Aluminium sin vannhåndtering og avløpsrensing, samt å få oversikt over dagens forurensingstilstand, ble det i juni og august 2016 også tatt ut vannprøver fra bedriftens overvåkingsbrønner til fysikalske og kjemiske analyser, men disse brønnene inngår ikke overvåkingen for grunnvannsforekomsten. Hydro Aluminium har også gjennom sin driftskonsesjon en pålagt overvåking av kjemisk tilstand til grunnvannet under industriområdet.

I perioden desember 2016 til november 2018 ble det ved fem anledninger tatt ut vannprøver fra overvåkingsbrønnene "Barnehage", "Parkering", "Skog" og "Rådhus" til fysikalske og kjemiske analyser. Det ble benyttet dels senkepumpe og dels sugepumpe for uttak av prøvene. I forbindelse med uttaket av vannprøvene ble det også utført feltmålinger av pH, elektrisk ledningsevne, temperatur og alkalitet. Det ble også utført manuelle målinger av grunnvannsnivå og avlesning av de digitale loggerne. Vannprøvene ble sendt så hurtig som mulig etter uttak til kjemisk laboratorium for utvalgte uorganiske og organiske analyser. I 2016 og 2017 ble vannprøvene analysert ved Eurofins mens vannprøvene fra 2018 ble analysert ved ALS. Begge laboratorier er akkreditert for de utførte vannanalysene.



Figur 37: Oversikt over brønner i undersøkelsesområdet. Prøvetakingsbrønnene ved Hydro Aluminium AS (svarte prikker) ble kun prøvetatt i innledende fase av prosjektet. Observasjonsbrønnen i elvesletta (gult punkt) brukes kun for overvåking av vannnivå- og temperaturendringer.



Figur 38: Grunnvannskotekart basert på vannstandsmålinger på formiddagen den 27.06.2018.

4.8.5 Resultater vannanalyser 2016 – 2018

og Tabell 18 viser en sammenstilling av et representativt utvalg av analyseresultater fra de utførte undersøkelsene. Et større utvalg av analyseresultater finnes i vannmiljødatabasen (<https://vannmiljo.miljodirektoratet.no/>). En fullstendig oversikt over samtlige utførte vannanalyser frem til juni 2018 finnes i hovedrapporten for typelokaliteten (Seither m.fl.2019).

Totalt sett viser de utførte analysene at grunnvannet i det undersøkte området har god kjemisk tilstand. Det måles meget lave konsentrasjoner av samtlige tungmetaller unntatt arsen som er noe forhøyet i en vannprøve fra brønnen ved rådhuset. PAH- og BTEX forbindelser ble påvist i henholdsvis fire og fem vannprøver, men kun i meget lave konsentrasjoner. Det ble også registrert lave til noe forhøyede konsentrasjoner av nitrat, noe som viser at grunnvannet er påvirket av urban aktivitet. Konsentrasjonen av fluorid er lave i alle de analyserte vannprøvene.

Det er verdt å merke seg at grunnvannet fra brønnen ved rådhuset har et veldig lavt oksygeninnhold. De reduserende forhold i grunnvannet medfører at nitrogen foreligger mest som ammonium istedenfor nitrat i grunnvannsprøvene fra denne brønnen, mens noe kan ha blitt til N_2 - gass gjennom denitrifisering.

Automatisk måling av grunnvannets elektriske ledningsevne i to av overvåkingsbrønnene fra desember 2017 til juni 2018 viser at ledningsevnen, og følgelig grunnvannets kjemiske sammensetning, kan variere mye. Grunnvann i brønnen ved barnehagen viser en forholdsvis stabil elektrisk ledningsevne, noe som indikerer at resultatene fra de utførte vannanalysene er representative for grunnvannets kjemiske sammensetning ved brønnen i måleperioden. Grunnvannet i brønnen ved rådhuset viser tydelig variasjoner i ledningsevne i overvåkingsperioden og gjenspeiler trolig endringer i strømningsforholdene i undersøkelsesområdet. Mens de fleste vannprøvene er tatt ut i perioder med høy ledningsevne, er det én prøve (mai 2017) som ble tatt da ledningsevnen i grunnvannet var lav. Forskjellen mellom høyeste og laveste måleverdi er likevel liten slik at resultatene fra de kjemiske analysene anses derfor å være representative for grunnvannets kjemiske sammensetning ved brønnen i måleperioden.

4.8.6 Oppsummering kartlegging kjemisk tilstand

Basert på den utførte kartleggingen og overvåkingen av grunnvannskjemien i de fire overvåkingsbrønnene ansees typelokalitet Sunndalsøra å ha god kjemisk tilstand og viser at grunnvannet i liten grad er påvirket av den urbane og industrielle aktiviteten i tilstrømningsområdet. Dette har sammenheng med at grunnvannet er naturlig godt beskyttet mot mange typer overflateforurensinger gjennom nedbrytning, filtrering og kjemisk binding i sedimenter. I tillegg vil raskt utskifting av grunnvannet med fortykning og utvasking av eventuelle forurensinger også virke positivt på grunnvannets kjemiske tilstand.

Tabell 17: Analyseresultater for utvalgte kjemiske laboratorieanalyser av grunnvannsprøver fra brønnene ved barnehagen, parkeringen, skogen og rådhuset

	Dato	NH4-N µg/l	Klorid mg/l	Nitrat mg NO3/l	Sulfat mg/l	Fluorid mg/l	Arsen µg/l	Bly µg/l	Kadmium µg/l	Kvikksølv µg/l
Terskelverdi		500	200	50	100		10	10	5	0.5
Vendepunktverdi		400	150	37.5	75		7.5	7.5	3.74	0.4
Barnehage	05.12.2016	<10	6.25	7.92	14.7	0.45	<0.20	<0.20	<0.010	<0.005
	22.05.2017	<10	5.58	6.79	13.3	0.45	0.06	0.071	0.016	< 0.005
	11.10.2017	29	5.36	8.14	12.8	0.38	<0.05	<0.05	< 0.010	< 0.005
	26.06.2018	<3	5.42	5.8	13	0.36	<0.05	0.168	0.061	<0.002
	01.11.2018	55	6	16	13	0.35	0.07	<0.01	<0.002	<0.002
Parkering	05.12.2016	<10	7.8	3.23	16.2	0.08	<0.20	<0.20	0.047	<0.005
	23.05.2017	<10	11.3	3.75	12.4	0.06	<0.05	0.138	< 0.010	< 0.005
	12.10.2017	<11	6.47	4.29	12	0.04	<0.05	0.076	< 0.010	< 0.005
	27.06.2018	<3	7.56	2.8	15	<0.200	<0.05	0.367	0.014	<0.002
	01.11.2018	16	7	3	16	0.07	<0.05	<0.01	0.011	<0.002
Skog	05.12.2016	<10	6.5	3.76	3.76	0.20	<0.20	<0.20	0.011	<0.005
	23.05.2017	<10	5.02	2.9	2.48	0.21	<0.05	0.103	< 0.010	< 0.005
	12.10.2017	<11	4.1	3.32	2.34	0.21	<0.05	<0.05	< 0.010	< 0.005
	26.06.2018	7	3.69	2.8	3	<0.200	<0.05	<0.01	<0.002	<0.002
	01.11.2018	13	5	4.8	3	0.19	<0.05	<0.01	<0.002	<0.002
Rådhus	05.12.2016	96	14.5	2.96	27.9	0.35	4.2	0.61	0.076	<0.005
	22.05.2017	47	6.76	<0.25	13.8	0.35	1.1	0.05	< 0.010	< 0.005
	11.10.2017	81	10.2	0.20	16.1	0.35	0.42	<0.05	< 0.010	< 0.005
	26.06.2018	53	9.38	0.29	14	0.32	0.15	0.017	0.005	<0.002
	01.11.2018	89	21	0.51	22	0.48	0.24	0.021	0.007	<0.002

Tabell 18: Analyser av organiske forbindelser i grunnvannsprøvene (funnt uthevet). Det ble ikke påvist andre flyktige organiske komponenter (VOC) enn BTEX-forbindelser. Naftalen er eneste påviste PAH-forbindelse som ble påvist i noen av prøvene. Verken PCB eller totale hydrokarboner ble påvist i noen av prøvene.

	Dato	PAH	BTEX					Sum BTEX	
		Naftalen µg/l	Benzen µg/l	Toulen µg/l	Etylbenzen µg/l	m,p-Xylen µg/l	o-Xylen µg/l		
Barnehage	05.12.2016	0.016	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	n.d.
	22.05.2017	<0.010	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	<0.10	n.d.
	11.10.2017	<0.010	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	<0.10	n.d.
	26.06.2018	<0.030	<0.20	<1.00	<0.10	<0.20	<0.10	<0.10	n.d.
	01.11.2018	<0.030	<0.020	0.049	<0.020	-	0.05	0.1	
Parkering	05.12.2016	<0.010	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	<0.10	n.d.
	23.05.2017	<0.010	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	<0.10	n.d.
	12.10.2017	<0.010	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	<0.10	n.d.
	27.06.2018	0.083	0.22	<1.00	<0.10	<0.20	<0.10	<0.10	0.22
	01.11.2018	<0.030	<0.020	0.046	<0.020	-	0.053	0.099	
Skog	05.12.2016	0.015	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	<0.10	n.d.
	23.05.2017	<0.010	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	<0.10	n.d.
	12.10.2017	<0.010	<0.10	0.1	<0.10	<0.20	<0.10	<0.10	n.d.
	26.06.2018	0.079	<0.20	<1.00	<0.10	<0.20	<0.10	<0.10	n.d.
	01.11.2018	<0.030	<0.020	0.063	<0.020	-	0.061	0.12	
Rådhus	05.12.2016	<0.010	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	<0.10	n.d.
	22.05.2017	<0.010	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	<0.10	n.d.
	11.10.2017	<0.010	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	<0.10	n.d.
	26.06.2018	0.036	<0.20	<1.00	<0.10	<0.20	<0.10	<0.10	n.d.
	01.11.2018	<0.030	<0.020	0.054	<0.020	-	0.054	0.11	

"-" = ikke analysert; "n.d." = ikke påvist

5. TYPELOKALITETER JORDBRUKSOMRÅDER

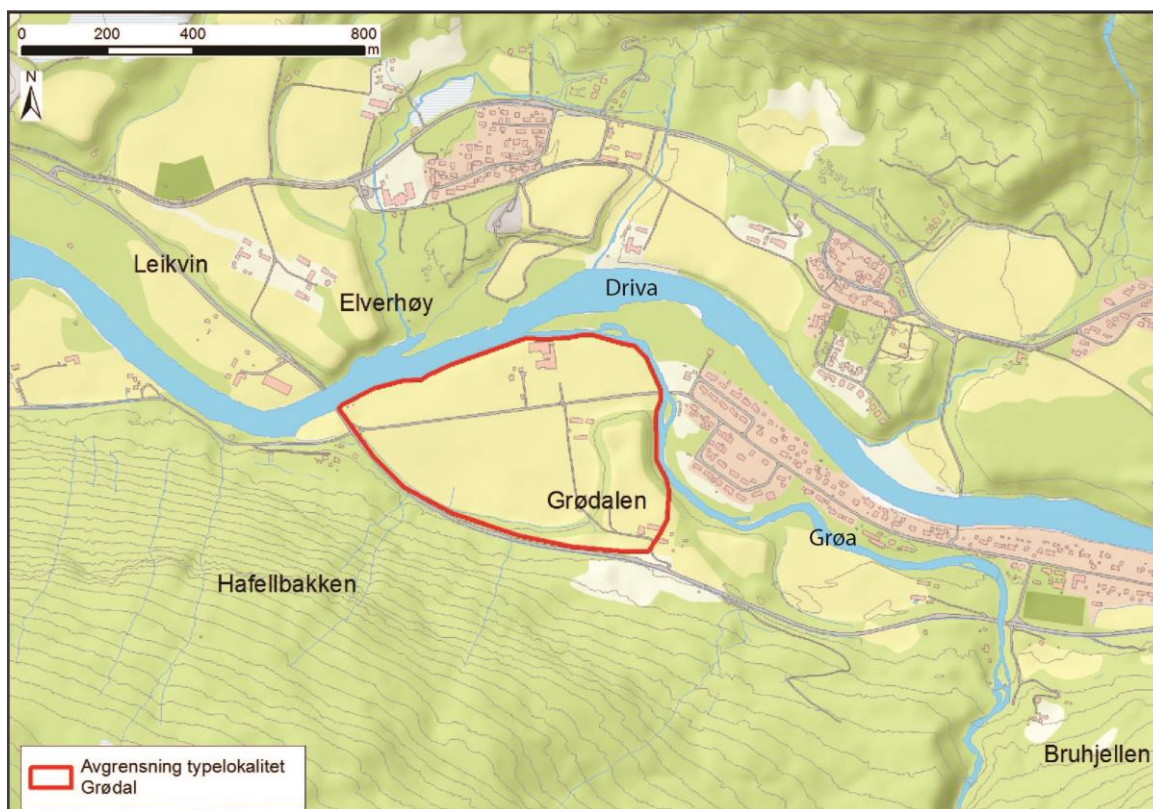
5.1 Grødal

5.1.1 Lokalisering og utvalgskriterier

Typelokalitet Grødal ligger cirka 7 km øst for Sunndalsøra sentrum (Figur 39), og er en del av den større grunnvannsforekomsten 109-678-G Sunndalen hvor typelokaliteten Sunndalsøra også er plassert. Det henvises også til beskrivelsen av denne.

Elva Driva er en hydrogeologisk grense for grunnvannsforekomsten og markerer avgrensningen av undersøkelsesområdet mot nord. Mot øst avgrenses lokaliteten av elva Grøa og mot sør markerer Fylkesvei 70 og overgangen mot berggrunnen og fjellet Hovenmannen avgrensningen.

Lokaliteten er valgt ut for å representere en elveterrasse med liten umettet sone der intensiv jordbruksaktivitet utgjør den største belastningen på grunnvannets kjemiske tilstand. Grødalområdet har stor produksjon av poteter, i vekstskifte med korn og gras, som er representativt for jordbruksaktiviteten i Nedre del av Sunndalen.

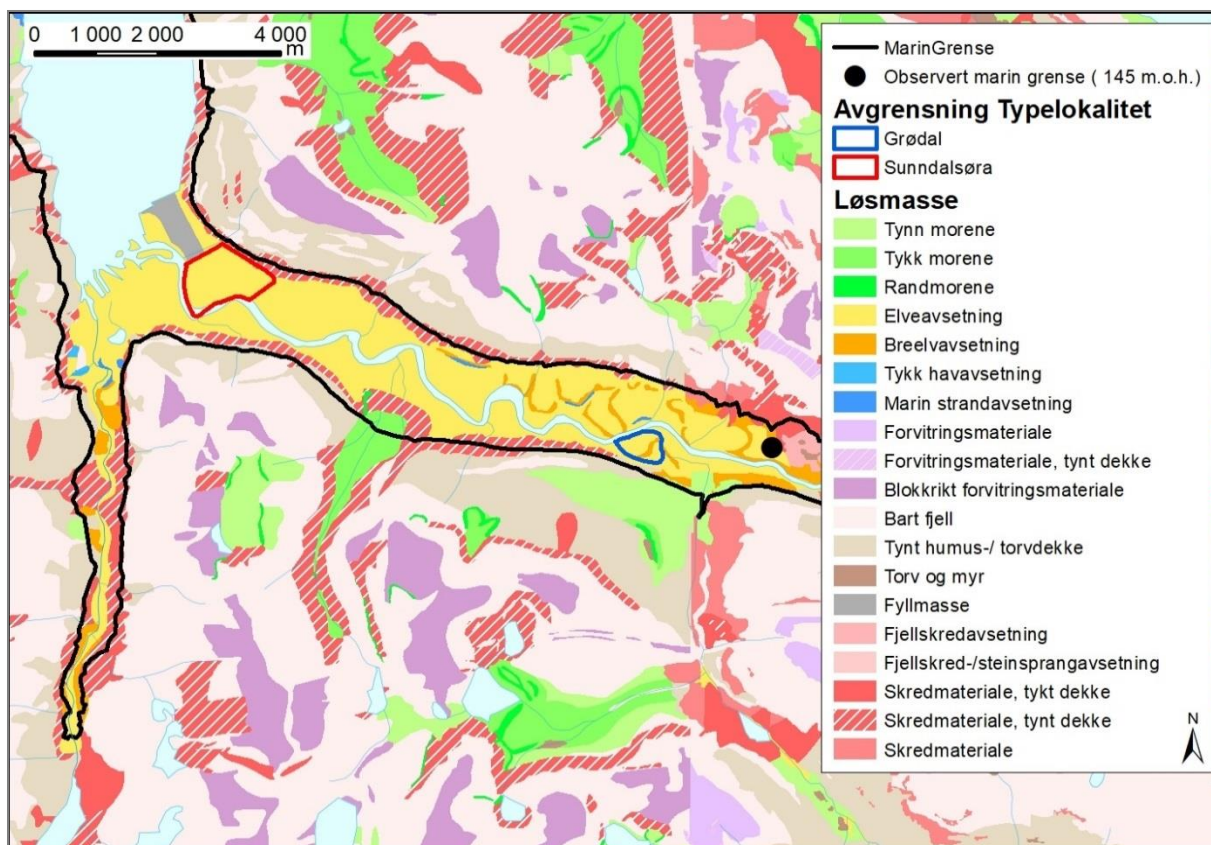


Figur 39: Geografisk avgrensning av typelokalitet Grødal.

5.1.2 Løsmassegeologi

Løsmassene i nedre del av Sunndalen ligger under marin grense og domineres av et overflatedekke av elveavsetninger av sand og grus (Figur 40). Marine avsetninger er sterkt erodert av elva, men de er eksponerte ved noen terrasseskråninger overlagret av breelv- eller elvemateriale. Seismiske profiler fra deler av Sunndalen og Litledalen tyder på tykke hav- og fjordavsetninger under breelv- og elveavsetninger. Ifølge Follestad (1987) varierer tykkelsen av disse avsetningene fra cirka 60 m i Sunndalen til minst 500 m på Sunndalsøra.

Ved bruket Hoås, som ligger cirka 2 km øst fra typelokalitet Grødal, er det en meget markert israndavsetning tvers over Sunndalen (Follestad 1987). Løsmassene ved Grødal består utelukkende av elve- og breelvvavsetninger.

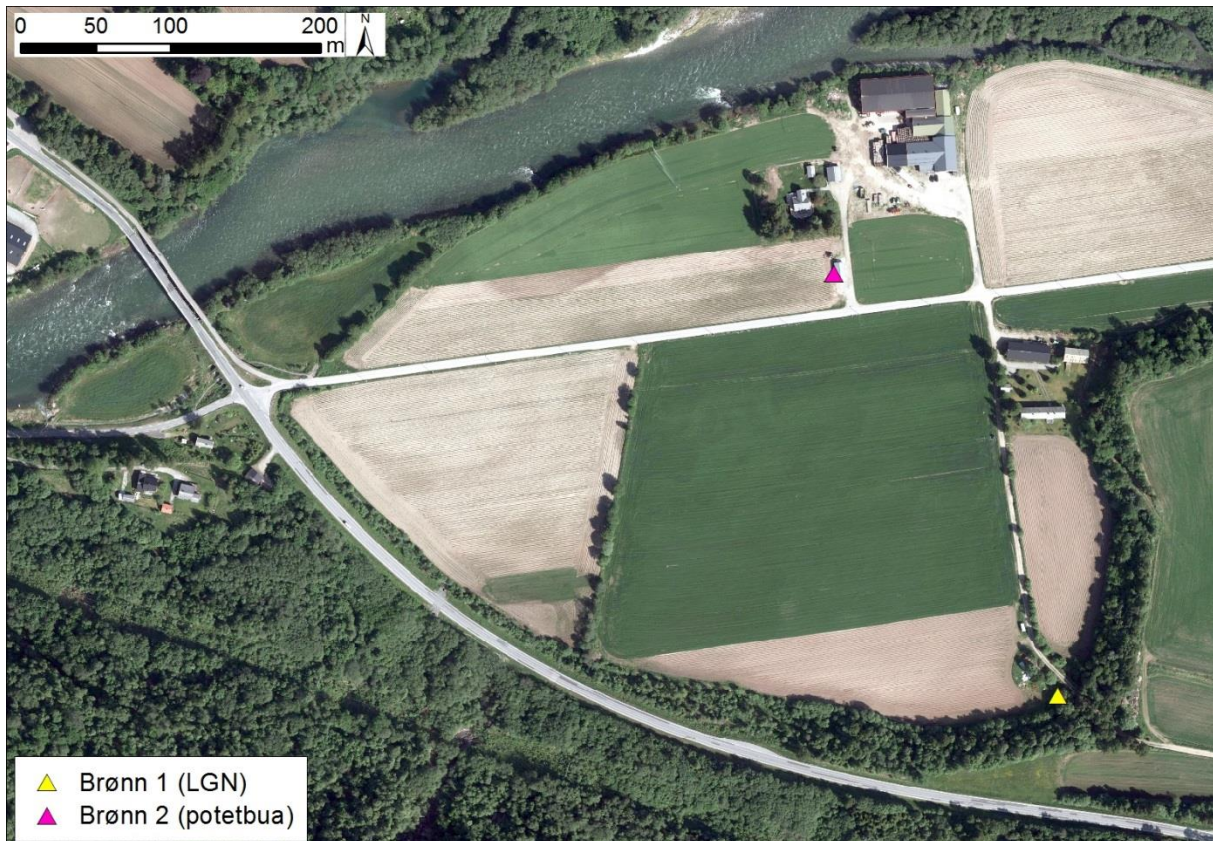


Figur 40: Kvartærgeologisk kart over området ved grunnvannsforkomst Sunndalen og typelokalitet Grødal (kilde: http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/).

5.1.3 Hydrogeologi

Allerede i 2005 ble det etablert en overvåkingsbrønn på Grødal, cirka 20 m oppstrøms dyrket mark (se Figur 41). Fram til 2009 inngikk brønnen i det landsomfattende grunnvannnett (LGN) for overvåking av naturlige variasjoner i grunnvannets temperatur, nivå og kjemiske tilstand. Boreloggen viser at løsmassene gjennomgående består av sand, grus og stein med gode vannføringsegenskaper i hele boreprofilens lengde. Brønnfilteret er montert i nivå 5,5 – 7,5 m under markoverflata. Vannstand varierer i undersøkelsesperioden mellom 2,3 og 4 m under bakken.

Høsten 2016 ble det etablert en ny overvåkingsbrønn på Grødal, midt i et område med aktivt jordbruk (se brønn «potetbua» på kartet i Figur 41). Boreloggen viser at løsmassene består av sand, grus og stein med gode vannføringsegenskaper i den øvre halvdel av boreprofilet. Fra cirka 6 m under bakken blir andelen av finkornige masser høyere og permeabiliteten lavere. Filterseksjonen er montert i nivå 2,6 – 6,6 m under markoverflata. Vannstand varierer i undersøkelsesperioden mellom 2 og 3,5 m under bakken. Begge brønnene er utført i plastmaterialet PEH, som er godkjent for miljøundersøkelser. Det er installert digitale loggere i begge overvåkingsbrønnene for automatisk måling av grunnvannsnivå, temperatur og grunnvannets elektriske ledningsevne.



Figur 41: Lokalisering av undersøkellesbrønnene «LGN» og «potetbua» på Grødal. Flybilde viser tydelig jordbruksaktivitetene i området.

Da det finnes kun to brønner i dette området er det ikke mulig å avlede strømningsretningen i akviferen nøyaktig, men hovedstrømningsretning av grunnvannet er forventet å gå fra fjellområdene i sør mot elva Driva i nord.

Den automatiske nivåloggingen i brønnene viser at vannstandskurvene for de to brønnene er veldig like, mens temperaturkurvene er svært forskjellig. Grunnvannstemperaturen i den tidligere LGN brønnen er tilnærmet konstant på cirka 6 °C, mens grunnvannstemperaturen ved potetbua svinger kraftig mellom cirka 3,5 og 10,5 °C. Dette kan tyde på at elva Grøa, som markerer avgrensningen av typelokaliteten mot øst, spiller en sentral rolle i de hydrogeologiske forholdene i dette området. Grøa har et stort nedbørsfelt og vanntemperaturen i elva vil til en stor grad gjenspeile årstidsvariasjoner i lufttemperatur og temperatur i nedbør. Loggerdataene for temperatur indikerer at den nordlige delen av akviferen har god hydraulisk kontakt med Grøa og mottar overflatevann fra elva, slik at grunnvannstemperaturen blir direkte påvirket av elvevannstemperaturen. Strømningsforholdene i grunnvannsføremkomsten varierer i løpet av året og det antas at vannføring i Grøa har stor betydning på vanntilførsel og grunnvannsstrømmen i deler av grunnvannsføremkomsten.

5.1.4 Prøvetaking og analyser

Plasseringen av brønnene som ble prøvetatt i forbindelse med karakteriseringen og overvåkingen av typelokalitet Grødal er vist på kartet i Figur 41.

I perioden juni 2016 til november 2018 ble det ved sju anledninger tatt ut vannprøver fra brønnen som tidligere har vært del av det overvåkingsprogrammet «landsomfattende mark- og grunnvannnett (LGN)». Brønn 2 ('potetbua') ble etablert høsten 2016 og har blitt prøvetatt seks ganger. I forbindelse med kvalitetskontroll på analyseresultatene ble det i november 2018 sendt inn to like grunnvannsprøver fra samme brønn (potetbua) til laboratoriet.

Det ble benyttet sugepumpe for uttak av grunnvannsprøvene. I forbindelse med uttaket av vannprøvene ble det også utført feltmålinger av pH, elektrisk ledningsevne, temperatur og alkalitet. Det ble også utført manuelle målinger av grunnvannsnivå og avlesning av de digitale loggerne. Vannprøvene ble sendt så hurtig som mulig etter uttak til kjemisk laboratorium for analyse av en rekke uorganiske elementer og forbindelser samt en rekke plantevernmidler og metabolitter. Uorganisk vannkjemi ble i 2016 og 2017 analysert ved Analysesenteret mens vannprøvene fra 2018 ble analysert ved ALS. Begge laboratorier er akkreditert for de utførte vannanalysene. Plantevernmidler ble analysert på pesticidlaboratoriet hos NIBIO.

5.1.5 Resultater vannanalyser 2016 – 2018

Tabell 19 og Tabell 20 viser en sammenstilling av et representativt utvalg av analyseresultater fra de utførte undersøkelsene. Et større utvalg av analyseresultater finnes i vannmiljødatabasen (<https://vannmiljo.miljodirektoratet.no/>). En fullstendig oversikt over samtlige utførte vannanalyser frem til juni 2018 finnes i hovedrapporten for typelokaliteten (Seither m.fl.2019).

Som vist på kartet i Figur 41 er brønn 1 (LGN) plassert cirka 20 m oppstrøms en potetåker, mens brønnen brønn 2 (potetbua) står direkte ved en åker. Som det kommer frem i tabellene har brønnplasseringen stor betydning på den registrerte vannkjemien. Spesielt sulfat-, nitrat- og kobberkonsentrasjoner er betydelig høyere i grunnvannsprøver fra overvåkingsbrønn ved potetbua enn fra LGN-brønnen. Årsaken til de høye sulfatkonsentrasjonene kan være en kombinasjon tilførsel av gjødsel og/eller gammel myrjord som blir oksidert. I november 2018 lå nitratkonsentrasjonen i grunnvann ved potetbua over terskelverdien.

Konsentrasjoner av arsen, bly og kadmium er gjennomgående veldig lave eller under deteksjonsgrensen.

Avdeling for pesticider og naturstoffkjemi hos NIBIO har analysert vannprøvene fra begge brønnene for rester av plantevernmidler. Hverken polare ugrasmidler (10 stoffer), glyfosat eller dens metabolitt AMPA ble påvist i noen av prøvene. Ved metode 101 ble grunnvannsprøvene analysert for en rekke plantevernmidler og tilhørende metabolitter, til sammen 115 stoffer, deriblant soppmidlene propiconazole og thiabendazole. Begge stoffene ble påvist i noen av prøvene fra begge brønner, men med lave konsentrasjoner.

Metribuzin er et ugrasmiddel som brukes til potet og gulrot og middelet ble påvist i en prøve fra brønnen ved potetbua. Den ene metabolitten (DADK) ble påvist i en konsentrasjon på 0.13 µg/l, og til sammen var konsentrasjonene for metabolittene 0.2 µg/l. Dette er godt over terskelverdien for en metabolitt. Det er også godt over den kroniske miljøfarlighetsverdien for moderstoffet, som er 0.058 µg/l, og konsentrasjonene kan gi kroniske effekter på vannlevende organismer (grunnvannsmatede økosystem).

Grunnvannet ble også undersøkt på et utvalg lavdosemidler (6 ugrasmidler og 5 metabolitter) og det ble påvist flere stoffer i samtlige grunnvannsprøver. I to vannprøver fra brønnen ved potetbua ble et av stoffene påvist med konsentrasjon over terskelverdien og over anbefalt grense for drikkevann. Ved en tredje prøve av vannet i samme brønn var summen av lavdosemidlene nær opp mot vendepunktverdien.

Den elektrisk ledningsevne i grunnvannet varierte betydelig i løpet av overvåkingsperioden. Tidspunkt for uttak av vannprøver sammenfaller ikke i tid med perioder med høy ledningsevne og de utførte vannanalysene er følgelig ikke representative for hele måleperioden. Et tettere analyseprogram er derfor ønskelig for å fange opp variasjoner i konsentrasjon av anioner, kationer og ikke minst plantevernmidler.

5.1.6 Oppsummering kartlegging kjemisk tilstand

Basert på den utførte prøvetakingen og overvåkingen viser dette at typelokalitet Grødal er tydelig påvirket av jordbruksaktiviteten på avsetningen.

Konsentrasjonene av arsen, bly og kadmium er gjennomgående veldig lave eller under deteksjonsgrensen. Brønnen ved potetbua gir grunnvann med forhøyete nitrat-, sulfat- og kobberverdier. Nitratkonsentrasjoner overskrider terskelverdien i en vannprøve fra potetbua høsten 2018 men er lavere enn både vendepunkt og terskelverdi i samtlige foregående prøver.

Det ble ikke funnet spor av hverken polare ugrasmidler eller glyfosat i grunnvannsprøvene. Soppmidlene propiokonazol og thiabendazol er derimot blitt påvist i prøver fra begge brønnene, men kun i lave konsentrasjoner. Lavdosemidler er blitt påvist i alle prøver, hvorav to konsentrasjoner overskrider terskelverdien og en overskrider vendepunktverdien. Metribuzin og noen metabolitter er påvist i en grunnvannsprøve fra brønnen ved potetbua. Konsentrasjonen av metribuzin er ikke akutt toksisk, men

ligger godt over den kroniske miljøfarlighetsverdien for moderstoffet og kan dermed gi kroniske effekter på vannlevende organismer. Økosystem som er matet av grunnvannsforekomsten kan følgelig bli påvirket negativt. Vannføringen i Driva er imidlertid såpass stor gjennom året at metribuzinholdig grunnvann er forventet å bli tilstrekkelig fortynnet til ikke å utgjøre en belastning på det akvatiske miljøet. Grøa er derimot en mindre elv og det anbefales å ta vannprøver og eventuelt sedimentprøver for analyse av metribuzin for å utrede om akvatiske organismer i elva eller sedimentene kan bli negativt påvirket.

Middelverdi av konsentrasjonene av rimsulfonmetabolitten IN70941 i grunnvannsprøvene fra brønn 2 (potetbua) i 2017 er større enn vannforskriftens terskelverdi. Dette tilsier klassifisering av grunnvannet i brønn 2 til dårlig kjemisk tilstand, men årsmidlene for konsentrasjoner av plantevernmidler i prøvene fra brønn 2 i 2016 og 2018, og for konsentrasjoner av plantevernmidler i brønn 1, var lavere enn terskelverdien for dårlig kjemisk tilstand.

Ut fra en gjennomsnittsbetraktning for nitrat og pesticidkonsentrasjoner og metabolitter gir dette god kjemisk tilstand i grunnvannsforekomst Grøa i måleperioden 2016 – 2018. På bakgrunn av funnene av plantevernmidler i grunnvannet anbefales det imidlertid at overvåkingen av grunnvannsforekomsten fortsetter, og at hyppigere prøvetaking bør vurderes.

Tabell 19: Analyseresultater for utvalgte kjemiske laboratorieanalyser av grunnvannsprøver fra brønnene på Grødal. Rød markering viser konsentrasjoner over terskel-/grenseverdi.

	Dato	NH4-N µg/l	Klorid mg/l	Nitrat mg NO3/l	Sulfat mg/l	Arsen µg/l	Bly µg/l	Kadmium µg/l	Kobber µg/l	Kvikksølv µg/l	Sink µg/l
Terskelverdi		500	200	50	100	10	10	5		0.5	
Vendepunktverdi		400	150	37.5	75	7.5	7.5	3.74		0.4	
Tidligere LGN-brønn	22.06.2016	<10	10.7	10.2	4.64	<10	<5	<0.5	<5	-	7
	24.08.2016	<10	11.9	11.9	4.93	<10	<5	<0.5	<5	-	9.2
	06.12.2016	<10	11.4	10.4	5.13	<10	<5	<0.5	<5	-	8.1
	23.05.2017	16	11.6	12.5	5.12	<0.05	0.16	<0.03	0.88	-	4.5
	12.10.2017	<11	11.6	12.8	5.91	<0.05	0.14	<0.03	1.2	-	7.3
	26.06.2018	<3	12.4	19	5	<0.05	0.04	0.005	0.88	<0.002	4.33
	1.11.2018	110	12	15	6	<0.05	<0.01	<0.002	0.76	<0.002	1.15
Potetbua	06.12.2016	<10	8.41	35.9	22.8	<10	<5	<0.5	5.9	-	8.9
	23.05.2017	<10	8.75	22.1	14.3	0.07	0.09	<0.03	8.44	-	3.3
	12.10.2017	<11	7.47	23.2	15.4	0.06	0.06	<0.03	6.66	-	4.9
	26.06.2018	19	8.58	22	22	<0.05	0.18	0.005	7.15	<0.002	10.2
	29.08.2018	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1.11.2018	14	16	58	26	0.08	0.014	0.006	6.58	<0.002	1.38
	1.11.2018 (DUBLETT)	11	12	58	26	0.08	0.010	0.007	6.56	<0.002	1.33

"-" = ikke analysert

Tabell 20: Analyseresultater for plantevernmidler. Det ble hverken påvist polare ugrasmidler (metode 15) eller Glyfosat AMPA (metode 59) i noen av prøvene. Av plantevernmidleren analysert med metode 101 ble det påvist propikonazol og thiabendazol i noen av prøvene. Det ble påvist metribuzin i en av prøvene. Ved alle grunnvannsprøver ble det funnet forskjellige forbindelser fra gruppen lavdosemidler. Orange farge markerer prøver som overskrider vendepunktverdien. Rød farge markerer prøver som overskrider terskelverdien.

	Dato	Plantevernmidler, metode 101			Metribuzin, metode 76			Lavdosemidler, metode 72					SUM
		Propi- konazol µg/l	Thia- bendazol µg/l	Sum, M101 µg/l	Metribuzin_ DK	Metribuzin_ DADK	Sum, M76 µg/l	IN70941 µg/l	IN70942 µg/l	INL5296	INA4098 µg/l	Sum, M72 µg/l	Plantevernmidler µg/l
Terskelverdi		0.1			0.1	0.1		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5
Vendep.verdi		0.075			0.075	0.075		0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.4
Tidligere LGN-brønn	22.06.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	24.08.16	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.036	0.002	n.d.	n.d.	0.038	0.038
	06.12.16	0.019	0.052	0.071	n.d.	n.d.	n.d.	0.039	0.002	n.d.	n.d.	0.041	0.112
	23.05.17	0.019	n.d.	0.019	n.d.	n.d.	n.d.	0.032	0.002	n.d.	n.d.	0.034	0.053
	12.10.17	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.045	0.004	n.d.	n.d.	0.049	0.049
	26.06.18	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.04	0.002	n.d.	n.d.	0.042	0.042
	1.11.18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Potetbua	06.12.16	0.021	0.04	0.061	-	-	n.d.	0.07	0.003	0.002	0.003	0.077	0.138
	23.05.17	0.025	n.d.	0.025	0.07	0.13	0.2	0.112	0.004	0.003	0.001	0.120	0.345
	12.10.17	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.104	0.004	0.002	0.003	0.113	0.113
	26.06.18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	29.08.18	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.022	0.001	0.001	0.003	0.027	0.027
	1.11.18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1.11.18 (DUB)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

"-" = ikke analysert; "n.d." = ikke påvist

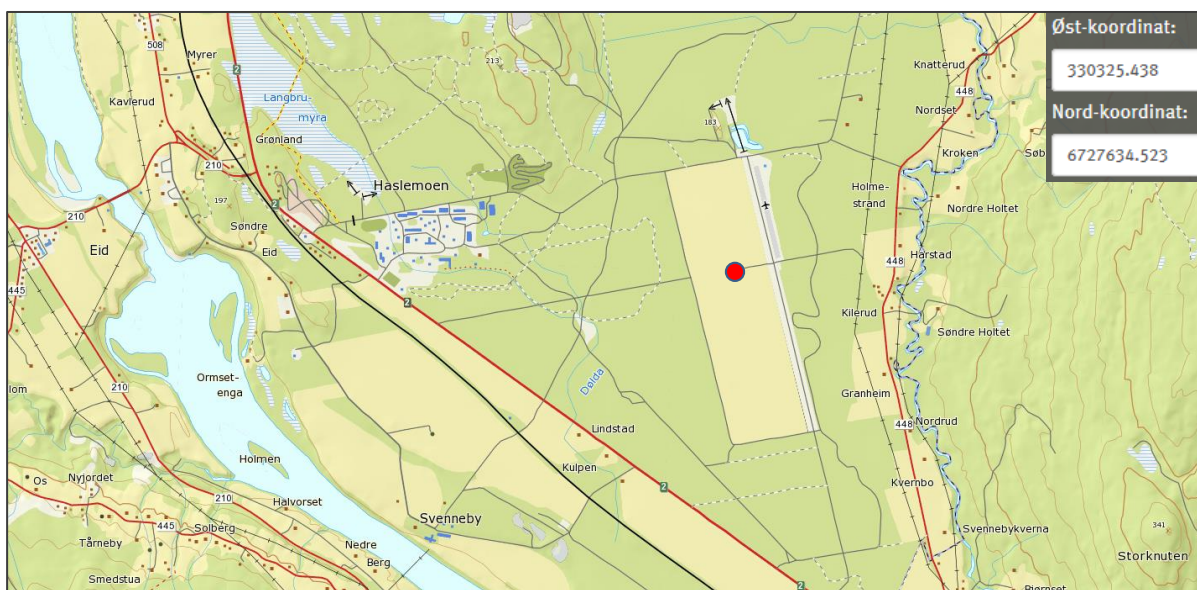
5.2 Haslemoen

5.2.1 Lokalisering og utvalgskriterier

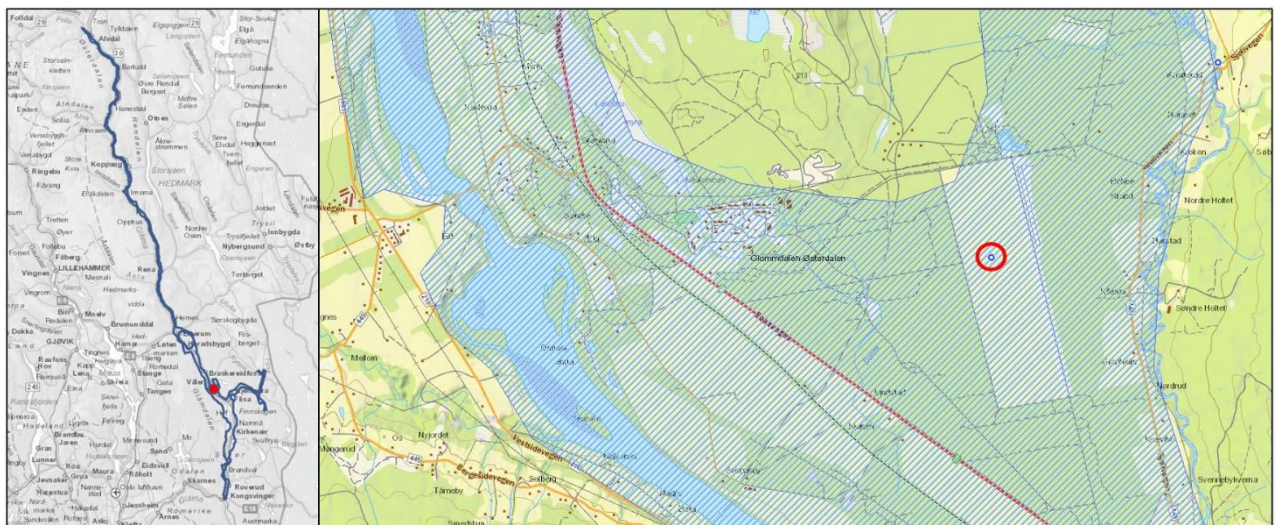
Overvåkingslokaliteten på Haslemoen ligger i Våler kommune i Solør. Lokaliteten ligger ca. 170 m.o.h., om lag 3 km nordøst for Glomma. Plassering av brønnen (VannlokalitetsID 91946) og dens koordinater er vist i figur 38. Grunnvannsforekomsten på Haslemoen er en del av den store grunnvannsforekomsten 002-724-G Glåmdalen-Østerdalen langs Glomma i Solør. Plassering i grunnvannsforekomsten er vist i figur 43.

Lokaliteten er valgt ut for å representere grunnvannsforekomster langs Glomma med belastning fra korn- og potetdyrking. Grunnvannsforekomsten ligger i et område med innlandsklima, med normal årsnedbør på 653 mm og årsmiddeltemperatur på 3,6 °C.

Haslemoen var på 1980-tallet et hoved- og referansefelt for hydrogeologisk forskning i Norge hvor det ble utført omfattende forskning og hydrogeologiske undersøkelser av Norges Landbrukshøgskole (i dag NMBU), Universitetet i Oslo, NVE, NGU samt NTNU. NVE har tidligere overvåket grunnvannsnivået i en rekke brønner i området, og overvåker fortsatt grunnvannsnivå og grunnvannstemperatur i en brønn vest for den etablerte overvåkingsbrønnen.



Figur 42: Beliggenhet av etablert overvåkingsbrønn for grunnvann på Haslemoen. Koordinater for brønnen er angitt.



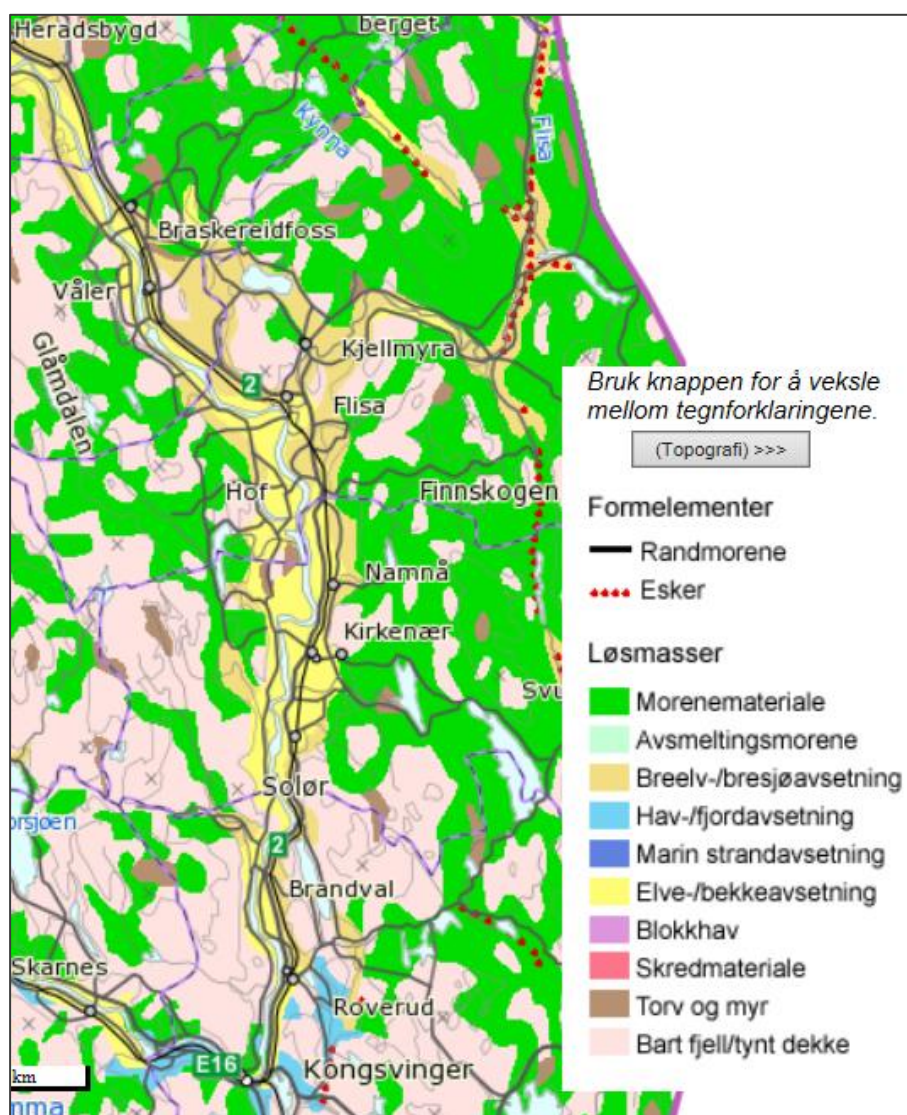
Figur 43: Grunnvannsforekomst 002-724-G Glommadalen-Østerdalen samt plassering av Haslemoen Brønn (VannlokalitetsID 91946). Fra Vann-Nett og Vannmiljø.

5.2.2 Geologi, løsmasser og hydrogeologi

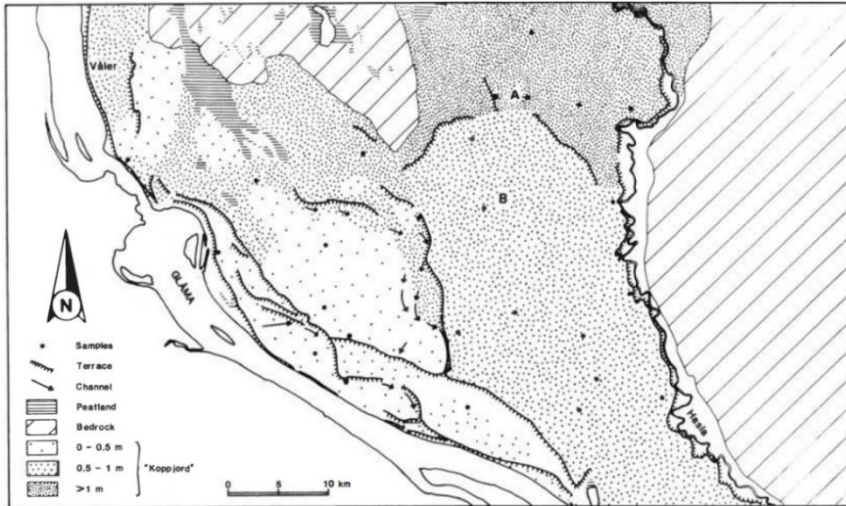
Etter istida ble dalføret langs Glomma i Solør fylt opp med sedimenter tilført fra Glomma. Elveavsetninger med sand er avsatt i den øvre del av dette bassenget. Disse avsetningene danner grunnlag for grunnvannsforekomsten langs Glomma (Figur 44).

Et finkornet lag med grov silt og fin sand ("koppjord") med tykkelse 0.5-1 meter danner topplaget i området rundt overvåkingslokaliteten på Haslemoen (Haldorsen et al., 1986). Lengre mot nordøst er det finkornede topplaget tykkere, mens det varierer mellom 0 og 50 cm på lavereliggende elveterrasser langs Glomma.

Grunnundersøkelser utført like vest for overvåkingslokaliteten viser at under topplaget finnes et 15 meter tykt lag med mellomsand, med innslag av grov og fin sand (Riis, 1992). Dette sandlaget ligger over et ca. 12 meter tykt lag med silt og siltig meget fin sand. Under finnes et ca. 7 meter tykt lag med sand / siltig sand som ligger over morene.



Figur 44: Oversiktskart over løsmasser langs Glomma-dalføret i Solør. Lastet ned fra NGUs nettsider.



Figur 45: Kart over Haslemoen som viser tykkelse av «koppjord»-laget og beliggenhet av hovedterrasser. Etter Haldorsen et al., 1986. Den nye overvåkingsbrønnen er lokalisert ved punktet B på kartet.

Ved den nye overvåkingsbrønnen har grunnvannstanden i 2016 og 2017 ligget 2,7-3,6 m under terrengoverflaten.

Undersøkelser av Englund et al. (1986) i juni 1985 viste et grunnvannsnivå på overvåkingslokaliteten på om lag 168 m.o.h. og grunnvannstrømning i sør til sørøstlig retning.

Haldorsen et al. (1986) beregnet gjennomsnittlig årlig nydanning av grunnvann i Haslemo-området til 300 mm i perioden 1970-83. 50-55 mm av nydanningen ble beregnet å skje i løpet av vekstperioden.

5.2.3 Påvirkning av menneskelig aktivitet - jordbruksdrift

Området påvirkes av jordbruksdrift. Grunnvannsbrønnen ligger midt på et 800 daa stort jordbruksareal hvor det dyrkes korn og poteter, og vil kunne påvirkes av diffus arealbelastning fra gjødsel og plantevernmidler. Det finnes ingen driftsbygninger eller våningshus i nærheten.

Området med dyrka mark hvor overvåkingsbrønnen ligger er omgitt av skog. Det er planer om å dyrke opp deler av disse skogarealene.

5.2.4 Brønnetablering

Overvåkingsbrønnen på Haslemoen ble etablert av Nordenfjeldske Brønn og Spesialboringer 16. og 17. juni 2016. Det ble satt ned en 7,5 m dyp rørbrønn med stigerør/brønnfilter med ytre diameter 114 mm. Nederst en bunnseksjon på 0,5 m, deretter brønnfilter (0,5 mm) i nivå 3 - 7 m og stigerør til nivå 40 cm over bakken. Alt utført i rustfrie og syrefaste materialer. Ved jordoverflaten ble brønnen sikret mot punktinfiltrasjon ned langs brønnrøret gjennom støping av en betongkrage. Over bakken ble brønnrøret sikret med en mindre betongkum. Figur 46 viser brønnen etter ferdig etablering.



Figur 46: Grunnvannsbrønn på Haslemoen ved prøvetaking i august og november 2016.

5.2.5 Resultater

På Haslemoen drives det intensivt jordbruk på lett jord, et vekstskifte mellom korn og potet. Grunnvannet i overvåkingsbrønnen er tydelig påvirket av omkringliggende jordbruk, med forhøyede nitratkonsentrasjoner, tidvis over vendepunktverdi (Tabell 21). Av totalt 7 grunnvannsprøver tatt i 2016, 2017 og 2018, viste tre prøver nitratkonsentrasjoner over vendepunktverdien på 37,5 mg NO₃/l.

Under vekstsesongen 2018 var det lite nedvasking av nitrat til grunnvann som følge av tørken denne sommeren. Med unntak av en prøve har det ikke blitt påvist ammonium i grunnvannet på Haslemoen, og det har vært lave konsentrasjoner av jern og mangan. Vannkjemien indikerer at grunnvannet har høyt oksygeninnhold, noe som har blitt bekreftet ved kontinuerlige automatiske målinger i overvåkingsbrønnen. Metallene arsen, kadmium, bly, kobber og sink har blitt påvist, men i meget lave konsentrasjoner. Det har ikke blitt påvist prioriterte organiske forbindelser.

For plantevernmidler har det blitt påvist tre ulike ugrasmidler i grunnvannet, en metabolitt av metribuzin (DK) samt MCPA og 2,4 D. Tre av påvisningene er over terskelverdi (grenseverdi for drikkevann). I 2018 ble det kun påvist en vannprøve med lav konsentrasjon av en metabolitt (IN70941) fra lavdosemidlet rimsulfuron. Lite nedbør denne sommeren førte imidlertid til lite nedvasking av plantevernmidler og nitrogenforbindelser gjennom vekstsesongen 2018.

Tabell 21: Analyseresultater for vannprøver fra overvåkingsbrønn Haslemoen i 2016, 2017 og 2018. Orange farge markerer prøver som overskrider vendepunktverdien. Rød farge markerer prøver som overskrider terskelverdien.

Stoffer/Parameter	Terskel verdi	Vende punkt	Haslem. 17.08.16	Haslem. 16.11.16	Haslem. 27.06.17	Haslem. 15.08.17	Haslem. 10.10.17	Haslem. 28.06.18	Haslem. 07.10.18
Nitrat (mg/l)	50	37,5	41,2	48,7	33,2	34,5	41,6	23,9	23,9
Klorid (mg/l)	200	150	8,5	8,5	6,7	7,0	7,0	5,3	6,9
Sulfat (mg/l)	100	75	24,1	24,8	18,1	19,6	19,5	20,2	24,2
Ammonium (µg N/l)	500	400	< 5	<0,1	< 100	<100	<5	< 5	26
Arsen (µg/l)	10	7,5	<0,20	0,32	0,41	0,50	0,48	0,33	0,24
Kadmium (µg/l)	5	3,75	0,09	0,13	0,10	0,09	0,01	0,08	0,08
Bly (µg/l)	10	7,5	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Kobber (µg/l)**	15,6	7,8	<0,50	<0,50	<0,50	0,66	0,82	0,71	0,57
Sink (µg/l)**	60	11	2,9	2,5	2,4	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Jern (µg/l)	-	-	2,9	2,6	10	<2,0	<2,0	3,2	18
Mangan (µg/l)	-	-	32	37	25	24	26	19	23
Plantevernmidler									
Fenpropimorph (µg/l)	0,1	0,075	*	*	*	*	*	*	*
Pyraclotrübun (µg/l)	0,1	0,075	*	*	*	*	*	*	*
Metalaxyl (µg/l)	0,1	0,075	*	*	*	*	*	*	*
Metribuzin-DK	0,1	0,075	0,11	0,10	*	*	*	*	*
Glyfosat/AMPA (µg/l)	0,1	0,075	*	*	*	*	*	*	*
MCPA (µg/l)	0,1	0,075	*	*	0,17	*	*	*	*
2,4 D (µg/l)	0,1	0,075	*	*	0,011	*	*	*	*
IN70941, Lavdose (µg/l)	0,1	0,075	*	*	*	*	*	*	0,0001
INA 4098, Lavdose (µg/l)	0,1	0,075	*	*	*	*	*	*	*
Metsulfuron-methyl, Lavdose (µg/l)	0,1	0,075	*	*	*	*	*	*	*
Sum plantevernmidler	0,5	0,4	0,11	0,10	0,18	0	0	0	0

*Ikke påvist, ** Fra M608/02:2018, Terskel = Akutt (IV), Vendepunkt= Kronisk (III)

5.2.6 Oppsummering kartlegging kjemisk tilstand

Vannprøvene har vist funn av plantevernmidler over grenseverdi på 0,1 µg/l (veileder 02:2018) for tre av sju vannprøver. Brønnen har vist forhøyede konsentrasjoner av nitrat, der tre av sju prøver viste nitratkonsentrasjoner over vendepunktetsverdien. Gjenfunn av plantevernmidler over terskelverdi sammen med nitrat over vendepunktetsverdi, illustrerer at den kjemiske kvaliteten av grunnvannet fra Haslemoen Brønn er tydelig påvirket av landbruksdrift.

Middelverdi av konsentrasjonene av metribuzin DK i grunnvannsprøvene fra 2016 er høyere enn vannforskriftens terskelverdi for grunnvann. Dette tilsier at grunnvannet i Haslemoen Brønn har dårlig kjemisk tilstand. Årsmidlene for konsentrasjoner av plantevernmidler i grunnvannsprøvene fra 2017 og 2018 var imidlertid lavere enn terskelverdien for dårlig kjemisk tilstand, noe som gir en ikke entydig kjemisk klassifisering av grunnvannsføremkomsten.

Da det bare er en brønnlokalisitet på Haslemoen, og overvåkingen har foregått i et begrenset tidsrom, er det store usikkerheter knyttet til vurdering av romlige variasjoner og utviklingstrender i grunnvannsføremkomstens kjemiske tilstand med de usikkerheter dette medfører for vurdering av romlig variasjon og utviklingstrender i grunnvannskjemi.

Resultatene illustrerer likevel at grunt grunnvann i grunnvannsføremkomster langs Glomma i Solør med lignende løsmasser og belastning fra korn- og potetdyrking vil i enkelte år og på enkelte lokaliteter ikke oppfylle kravene til god kjemisk tilstand. Både løsmassenes egenskaper, hydrologi, og arealbruk og belastningsbilde varierer lokalt og regionalt, med de usikkerheter dette medfører for representativitet av resultater fra overvåkingslokaliteter i forhold til større områder. Det anbefales derfor at det velges ut flere grunnvannsføremkomster kartlegges for å kunne gi et bedre statistisk grunnlag for karakterisering og klassifisering av grunnvannsføremkomster i den store administrative grunnvannsføremkomst 002-724-G Glommadalen-Østerdalen.

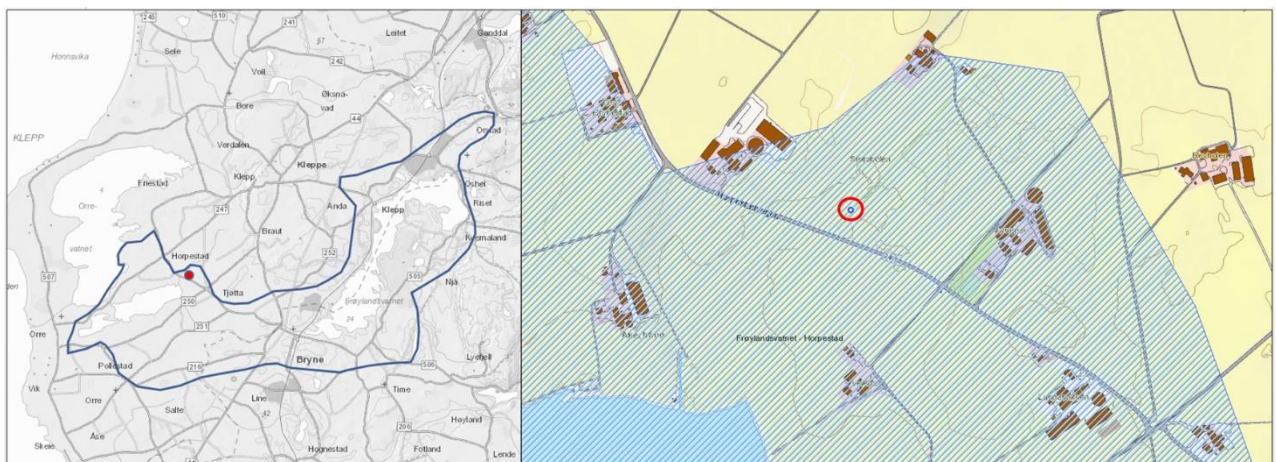
5.3 Horpestad

5.3.1 Lokalisering og utvalgskriterier

Overvåkingslokaliteten «Horpestad Brønn» (VannlokalitetsID 91949) ligger i Klepp kommune, nordøst for Horpestadvatnet, innenfor grunnvannsforekomst 028-535-G Frøylandsvatnet-Horpestad (**Feil! Fant ikke referanse kilden.**Figur 48). Lokaliteten ligger ca. 10 m.o.h, rundt 3 km sørvest for tettstedet Kleppe og rundt 4,5 km fra havet. Området har et mildt kystklima som gir gode forhold for jordbruk. Normal årsnedbør er 1340 mm og normal årsmiddeltemperatur 7,5 °C.

Lokaliteten er valgt ut for å representere grunnvannsforekomster på Jæren med intensiv husdyrdrift over et grunnvannsmagasin i breelvvavsetninger.

Området har tidligere blitt undersøkt gjennom kvartærgeologisk kartlegging (Østmo og Olsen 1986). Kartlegging av områder med forurenset grunn har blitt utført for andre deler av grunnvannsforekomsten enn Horpestadområdet (Folkestad og Misund 1989, Tønnesen 1999). Vurdering av hele grunnvannsforekomsten i vannforsyningssammenheng er gjort av Soldal og Jæger (1992).

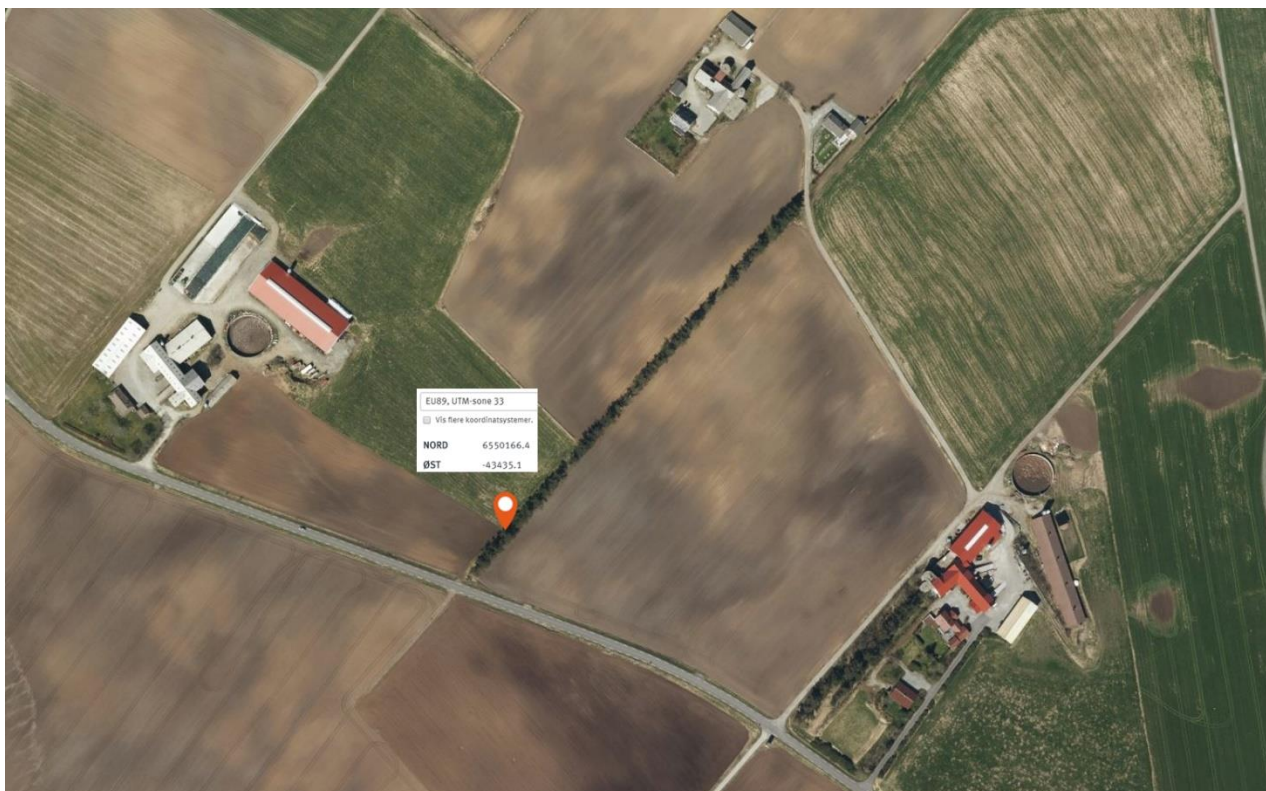


Figur 47: Viser grunnvannsforekomst 028-535-G Frøylandsvatnet – Horpestad samt plassering av Horpestad Brønn (VannlokalitetsID 91949).

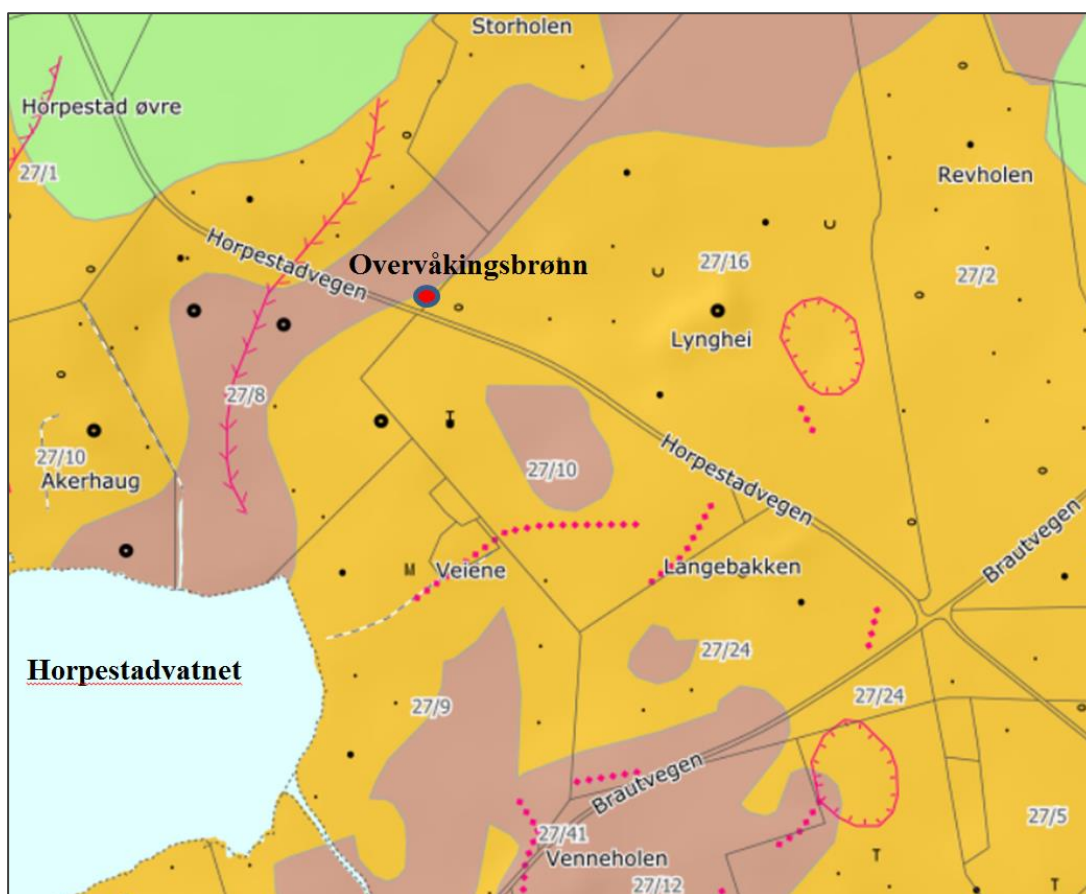
5.3.2 Geologi, løsmasser og hydrogeologi

Overvåkingsbrønnen ble etablert i breelvvavsetningene nordøst for Horpestadvatnet (Figur 49). Avsetningene er kartlagt av NGU som sand med innslag av grus. Det ble tatt ut prøver fra ulike dyp ved brønnetableringen.

Kvartærgeologisk kartlegging i området har vist at løsmassene i denne grunnvannsforekomsten består av breelvmateriale avsatt i rygger og hauger (Østmo og Olsen 1986 samt Andersen et al. 1987). Løsmassene består for en stor del av sand og grus med et topplag med innslag av finsand og silt. I forsenkninger i terrenget har overflaten blitt dekket av myr, etter langvarig høy grunnvannsstand. Løsmassene gir mulighet for uttak av grunnvann til vannforsyning, og det er flere private brønner i områder der det ikke har blitt ført fram kommunalt drikkevann (Roseth 2013).

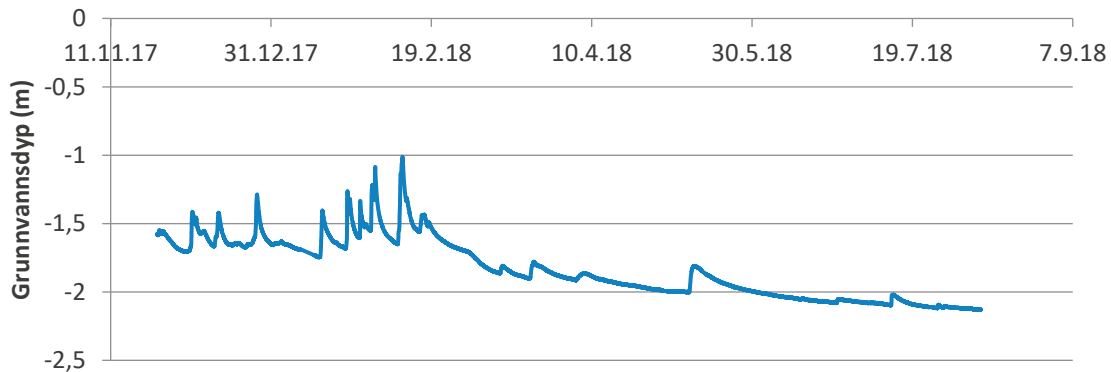


Figur 48: Flyfoto som viser beliggenhet av etablert overvåkingsbrønn for grunnvann på Horpestad i Klepp.



Figur 49: Kvantærgeologisk kart over jordbruksarealene øst for Horpestadvatnet. Lastet fra NGUs nettsider.

Målingene i overvåkingsbrønnen har vist at grunnvannsnivået varierer mellom 1 og 2,1 meter under overflaten. Figur 50 viser automatiske målinger av grunnvannsdyp, korrigert med manuelle målinger utført i forbindelsen med uttak av vannprøver. Grunnvannsstanden viste raske endringer ved nedbørsepisoder høsten 2017 og vinteren 2018. I august 2018 var grunnvannsstanden på sitt laveste nivå i overvåkingsperioden.



Figur 50: Automatiske målinger av grunnvannsstand for overvåkingsbrønn på Horpestad, med oppstart 25.11.17

5.3.3 Påvirkning av menneskelig aktivitet – landbruksdrift

Det er intensiv husdyrdrift med storfehold og flere dyreslag på brukene med arealene rundt brønnen. I tilknytning til storfeholdet dyrkes gras.

5.3.4 Brønnutforming

Det ble satt ned en 5,5 m dyp rørbrønn med stigerør/brønnfilter med ytre diameter 100 mm. Nederste del av brønnen, fra 5,5 til 5,0 m dybde, består av en bunnseksjon for slamoppsamling. Over bunnseksjonen er det et to meter langt brønnfilter (0,5 mm filter) fra 5,0 til 3,0 m dybde. Over brønnfilteret er det et stigerør som når over terrengnivå. Alle brønnkomponentene er i rustfritt stål. Brønnen ble gruskastet med filtergrus (kvartssand 0,5 -1,2 mm) både under og opp langs brønnrøret. I terrengoverflaten er en betongkrage støpt rundt brønnrøret, og en betongkum er plassert over brønnen for å beskytte mot direkte forurensning og fysiske påvirkninger (Figur 51).



Figur 51: Overvåkingsbrønnen på Horpestad.

5.3.5 Resultater kjemiske analyser

Grunnvannsbrønnen på Horpestad har forhøyede konsentrasjoner av jern og mangan (Tabell 22), noe som kan indikere oksygenfrie forhold i grunnvannet. Ved mangel på oksygen vil nitrat kunne forbrukes for å bryte ned organisk materiale, mens det dannes ammonium.

Grunnvannsprøvene har vist forhøyede konsentrasjoner av kobber og sink, særlig i prøvene fra 2017. Kobber og sink kan ha blitt tilført grunnvannet gjennom utlekking av utspredd husdyrgjødsel og/eller bruk av kobbersulfat som gjødslingsmiddel. Kobber og sink har vært i omfattende bruk som tilsetning i fôr til gris og fjørfe. Utenlandske studier har vist at kobber og sink kan bli vasket ned til grunnvann etter spredning av husdyrgjødsel anrikt med disse stoffene.

Det har blitt påvist fire plantevernmidler, MCPA, glyfosat, propikonazol og en metabolitt (IN70941) til lavdosemidlet rimsulfuron. Påvist konsentrasjon av glyfosat var godt over grenseverdien (0,38 µg/l), mens konsentrasjonen av MCPA var over vendepunktverdien (0,09 µg/l). Det ble ikke påvist plantevernmidler i grunnvannet i 2018, noe som kan ha sammenheng med den tørre sommeren og ubetydelig infiltrasjon av overflatevann til grunnvannsføremkomsten.

5.3.6 Oppsummering kartlegging kjemisk tilstand

Vannprøvene fra Horpestad Brønn har vist moderate konsentrasjoner av nitrat til å være et område med stor husdyrtetthet og intensivt jordbruk. Kobber og sink har blitt påvist i forhøyede konsentrasjoner, tilsvarende tilstandsklasse III eller IV i ferskvann (veileder 02:2018). Det er ikke angitt terskel- og vendepunktverdier for kobber og sink i grunnvann.

I en av fire prøver ble det påvist plantevernmidler i konsentrasjoner over terskel- og vendepunktverdier, noe som illustrerer at den kjemiske kvaliteten av grunnvannet fra Horpestad Brønn er tydelig påvirket av landbruksdriften i området.

Middelverdi av konsentrasjonene av glyfosat i grunnvannsprøvene fra 2017 høyere enn vannforskriftens terskelverdi og tilsier at klassifisering av grunnvannet i Horpestad Brønn til dårlig kjemisk tilstand, men årsmidlene for konsentrasjoner av plantevernmidler i grunnvannsprøvene fra 2018 var lavere enn terskelverdien for dårlig kjemisk tilstand. Det er derfor ikke mulig å gi en entydig klassifisering av kjemisk tilstand for grunnvannslokalitet Horpestad.

Det er også bare en overvåkingsbrønn på Horpestad, og overvåkingen har foregått i et begrenset tidsrom med de usikkerheter dette medfører for vurdering av romlig variasjoner og utviklingstrender i grunnvannskjemi. Overvåkingen er også begrenset til øvre del av grunnvannsmagasinet. Det anbefales derfor at overvåkingen av grunnvannslokalitet Horpestad fortsetter

Resultatene fra kartleggingen indikerer at øvre del av grunnvannet i lignende grunnvannsføremkomster på Jæren, med lignende belastning fra landbruksdrift, vil ikke oppfylle kravene til god kjemisk. Både løsmassenes egenskaper, hydrologi, og arealbruk og belastningsbilde varierer lokalt og regionalt med de usikkerheter dette medfører for representativitet av resultater fra overvåkingslokaliteter i forhold til større områder. Det anbefales derfor at det velges ut flere områder som kartlegges for å kunne gi et bedre statistisk grunnlag for karakterisering og klassifisering av grunnvannsføremkomster i den større administrative grunnvannsføremkomst 002-724-G Glommadalene-Østerdalen.

Resultatene illustrerer likevel at grunt grunnvann i grunnvannsføremkomster langs Glomma i Solør med lignende løsmasser og belastning fra korn- og potetdyrking vil i enkelte år og på enkelte lokaliteter ikke oppfylle kravene til god kjemisk tilstand. Både løsmassenes egenskaper, hydrologi, og arealbruk og belastningsbilde varierer lokalt og regionalt, med de usikkerheter dette medfører for representativitet av resultater fra overvåkingslokaliteter i forhold til større områder. Det anbefales derfor at det velges ut flere områder hvor grunnvannskjemien kartlegges for å kunne gi et bedre statistisk grunnlag for karakterisering og klassifisering av den administrative grunnvannsføremkomst 028-535-G Frøylandsvatnet-Horpestad.

Tabell 22: Analyseresultater for grunnvann fra overvåkingsbrønn på Horpestad i 2017 og 2018. Orange farge viser prøver som overskrider vendepunktverdien. Rød farge markerer prøver som overskrider terskelverdien.

Stoffer/Parameter	Terskel verdi	Vende punkt	Klepp 10.10.17	Klepp 14.11.17	Klepp 25.06.18	Klepp 22.10.18
Nitrat (mg/l)	50	37,5	13,7	19,5	5,3	8,4
Klorid (mg/l)	200	150	25	35	72	27
Sulfat (mg/l)	100	75	8,6	18,5	30,1	22,5
Ammonium (µg N/l)	500	400	110	17	38	14
Arsen (µg/l)	10	7,5	1,8	2,3	0,76	0,47
Kadmium (µg/l)	5	3,75	0,07	0,16	0,03	0,03
Bly (µg/l)	10	7,5	2,3	1,7	0,26	<0,20
Kobber (µg/l)**	15,6	7,8	50	44	14	15
Sink (µg/l)**	60	11	45	13	6,9	15
Jern (µg/l)	-	-	2200	2500	2500	83
Mangan (µg/l)	-	-	79	110	160	31
Triklormetan (µg/l)	2,5	1,9	0,23	*	*	*
Plantevernmidler						
Propikonazole (µg/l)	0,1	0,075	0,012	*	*	*
Fenpropimorph (µg/l)	0,1	0,075	*	*	*	*
Pyraclostrubin (µg/l)	0,1	0,075	*	*	*	*
Metalaxyl (µg/l)	0,1	0,075	*	*	*	*
Metribuzin-DK	0,1	0,075	*	*	*	*
Metribuzin-DADK	0,1	0,075	*	*	*	*
Imazalil	0,1	0,075	*	*	*	*
Glyfosat/AMPA (µg/l)	0,1	0,075	0,38	*	*	*
MCPA (µg/l)	0,1	0,075	0,091	0,016	*	*
2,4 D (µg/l)	0,1	0,075	*	*	*	*
IN70941, Lavdose (µg/l)	0,1	0,075	0,006	0,030	*	*
INA 4098, Lavdose (µg/l)	0,1	0,075	*	*	*	*
Metsulfuron-methyl, Lavdose (µg/l)	0,1	0,075	*	*	*	*
Sum plantevernmidler	0,5	0,4	0,49	0,046	0	0

*Ikke påvist, ** Fra M608/02:2018, Terskel = Akutt (IV), Vendepunkt= Kronisk (III)

5.3.7 Oppsummering kartlegging kjemisk tilstand

Vannprøvene fra Horpestad Brønn har vist moderate konsentrasjoner av nitrat til å være et område med stor husdyrtetthet og intensivt jordbruk. Kobber og sink har blitt påvist i forhøyede konsentrasjoner, tilsvarende tilstandsklasse III eller IV i ferskvann (veileder 02:2018). Det er ikke angitt terskel- og vendepunktverdier for kobber og sink i grunnvann.

I en av fire prøver ble det påvist plantevernmidler i konsentrasjoner over terskel- og vendepunktverdier, noe som illustrerer at den kjemiske kvaliteten av grunnvannet fra Horpestad Brønn er tydelig påvirket av landbruksdriften i området.

Middelverdi av konsentrasjonene av glyfosat i grunnvannsprøvene fra 2017 høyere enn vannforskriftens terskelverdi og tilsier at klassifisering av grunnvannet i Horpestad Brønn til dårlig kjemisk tilstand, men

Årsmidlene for konsentrasjoner av plantevernmidler i grunnvannsprøvene fra 2018 var lavere enn terskelverdien for dårlig kjemisk tilstand. Det er derfor ikke mulig å gi en entydig klassifisering av kjemisk tilstand for grunnvannslokaltet Horpestad.

Det er også bare en overvåkingsbrønn på Horpestad, og overvåkingen har foregått i et begrenset tidsrom med de usikkerheter dette medfører for vurdering av romlig variasjoner og utviklingstrender i grunnvannskjemi. Overvåkingen er også begrenset til øvre del av grunnvannsmagasinet. Det anbefales derfor at overvåkingen av grunnvannslokaltet Horpestad fortsetter

Resultatene fra kartleggingen indikerer at øvre del av grunnvannet i lignende grunnvannsforkomster på Jæren, med lignende belastning fra landbruksdrift, vil ikke oppfylle kravene til god kjemisk. Både løsmassenes egenskaper, hydrologi, og arealbruk og belastningsbilde varierer lokalt og regionalt med de usikkerheter dette medfører for representativitet av resultater fra overvåkingslokaliteter i forhold til større områder. Det anbefales derfor at det velges ut flere områder som kartlegges for å kunne gi et bedre statistisk grunnlag for karakterisering og klassifisering av grunnvannsforkomster i den større administrative grunnvannsforkomst 002-724-G Glommadalen-Østerdalen.

Resultatene illustrerer likevel at grunt grunnvann i grunnvannsforkomster langs Glomma i Solør med lignende løsmasser og belastning fra korn- og potetdyrking vil i enkelte år og på enkelte lokaliteter ikke oppfylle kravene til god kjemisk tilstand. Både løsmassenes egenskaper, hydrologi, og arealbruk og belastningsbilde varierer lokalt og regionalt, med de usikkerheter dette medfører for representativitet av resultater fra overvåkingslokaliteter i forhold til større områder. Det anbefales derfor at det velges ut flere områder hvor grunnvannskjemien kartlegges for å kunne gi et bedre statistisk grunnlag for karakterisering og klassifisering av den administrative grunnvannsforkomst 028-535-G Frøylandsvatnet-Horpestad.

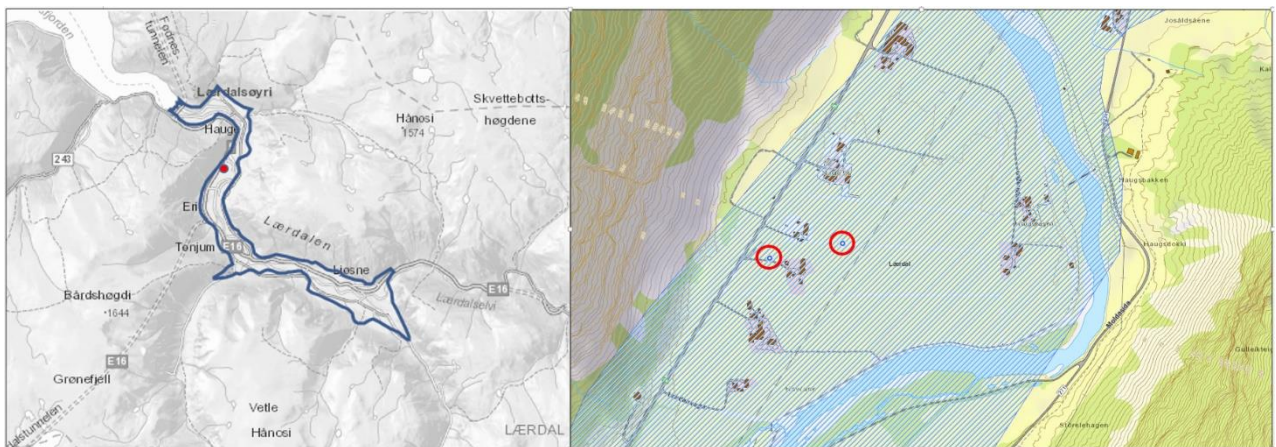
5.4 Nedre Eri

5.4.1 Lokalisering og utvalgskriterier

Overvåkingslokalitetene «Lærdal Brønn» (VannlokalitetsID 91950) og «Lærdal Vanningsbrønn» (VannlokalitetsID 91951) ligger i Lærdal kommune innenfor grunnvannsforekomst 073-757-G Lærdal (53 og **Feil! Fant ikke referanse-kilden.**). Begge overvåkingsbrønnene ligger på Nedre Eri, ca. 2 km oppstrøms tettstedet Lærdalsøyri. Området har et nedbørfattig innlandsklima til tross for nærheten til fjorden, med normal årsnedbør på 527 mm og årsmiddeltemperatur på 6,3 °C. Overvåkingsbrønnene ligger ca. 18 meter over havet.

Lokaliteten er valgt ut for å representere et område på Vestlandet med intensivt jordbruk med dyrking av gras, poteter og grønnsaker på en elveavsetning med en viktig grunnvannsforekomst. Området har økende produksjon av bær og frukt, og særlig morell i plasttunneler.

Avsetningene langs elva nordøst for overvåkingsfeltet har tidligere blitt undersøkt av NGU (Jæger og Danielsen 1999 samt Hilmo og Tønnesen 1997), Hallingdal bergboring (Veslegard 2015), COWI (Soldal 2008) og Høgskolen i Sogn og Fjordane (Seljeset og Hove 2016). Området her har stor interesse for grunnvannsbasert drikkevannsforsyning for tettstedet Lærdalsøyri, som planlegges etablert ved Hauge, noen hundre meter nedstrøms overvåkingslokaliteten.



Figur 52: Viser grunnvannsforekomst 073-757-G Lærdal samt plassering av brønnlokalitetene Lærdal Brønn (VannlokalitetsID 91950) og Lærdal Vanningsbrønn (VannlokalitetsID 91951).

5.4.2 Geologi, løsmasser og hydrogeologi

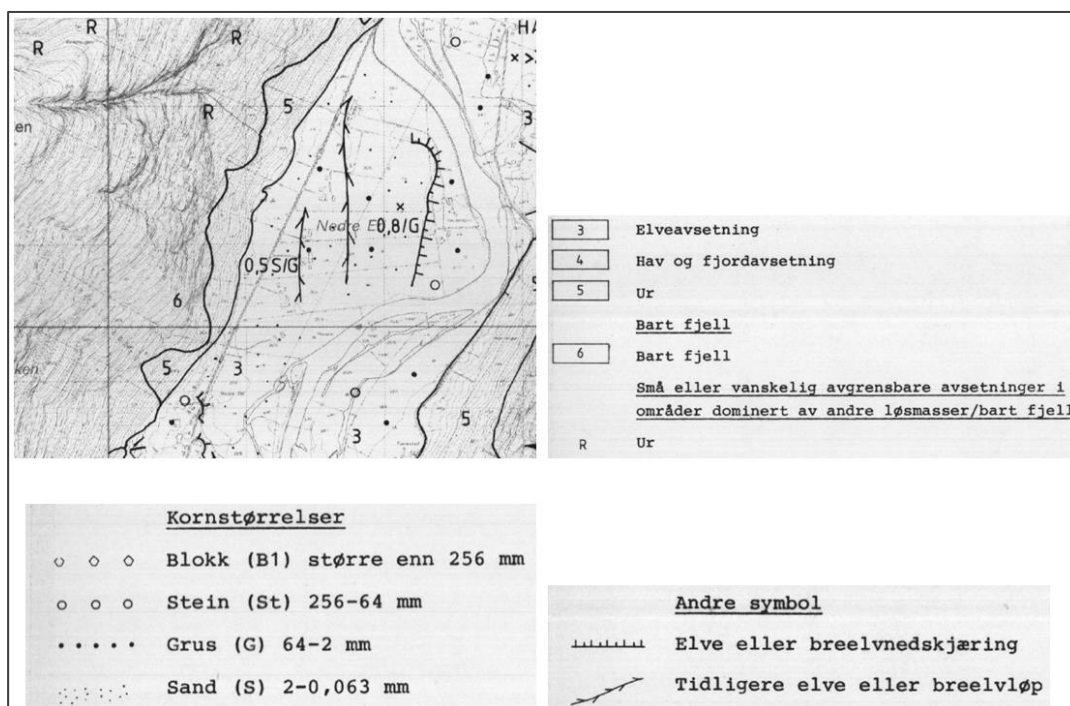
Etter siste istid har store mengder løsmasseavsetninger blitt erodert, transportert og avsatt av Lærdalselvi, og dalbunnen i Lærdal domineres av store og mektige elveavsetninger.

Områdene omkring overvåkingsbrønnene på Nedre Eri er kartlagt av NGU som elveavsetninger dominert av sand med noe innslag av grus (Stokke 1987) (Figur 54). Ved skovlboringer i nærheten av overvåkingsbrønnen i forbindelse med vurdering av brønnplassering ble det påtruffet kom en grusmasse på under en meters dybde, men tykkelsen av sandlaget i toppen av løsmassene varierte over området. Ved brønnboringen ble det øverst registrert et topplag av sand, deretter et to meter tykt lag med grov elvestein/grus, og under dette igjen et lag med sand.

Ved etablering av overvåkingsbrønnen og første vannprøvetaking var grunnvannsstanden rundt 3 meter under terrengnivå. Vannstanden i Lærdalselvi er lavere på nordsida av Nedre Eri enn på sørsida. En dyp brønn mellom overvåkingsbrønnen og fjellsida i vest benyttes til grunnvannsuttag til jordbruksvanning.



Figur 53: Beliggenhet av etablerte overvåkingsbrønner for grunnvann på Nedre Eri i Lærdal – oversiktskart.



Figur 54: Utsnitt fra kvartærgeologisk kart over Lærdal, foreløpig utgave. Etter Stokke, 1987.

5.4.3 Brønntutforming

Det ble satt ned en 6,5 m dyp rørbrønn med stigerør/brønnfilter med ytre diameter 100 mm. Nederste del av brønnen mellom 5,5 - 6,5 m dybde består av en bunnseksjon for slamoppsamling. Over bunnseksjonen er det et brønnfilter (0,5 mm filter) fra 5,50 - 3,50 m dybde. Over brønnfilteret er det et stigerør som når over terrengnivå. Alle brønnkomponentene er i rustfritt stål. Brønnen ble gruskastet med filtergrus (kvarssand 0,5 -1,2 mm) både under og opp langs brønnrøret. I terrengoverflaten er en betongkrage støpt rundt brønnrøret, og en betongkum er plassert over brønnen for å beskytte mot direkte forurensning og fysiske påvirkninger (Figur 55).



Figur 55: Viser overvåkingsbrønnen (under betonglokket) på Nedre Eri i Lærdal.

5.4.4 Resultater vannanalyser

Det har blitt tatt prøver fra to brønner på eiendommen Nedre Eri, en grunnvannsbrønn etablert for vanningsformål (VAN) samt den nye overvåkingsbrønnen (BRØ). Det ble påvist forhøyet nitratkonsentrasjon i begge brønnene, med de høyeste konsentrasjoner i vanningsbrønnen med plassering i permeable avsetninger fra et tidligere elveløp for Lærdalselva (

). Den forhøyede konsentrasjonen av nitrat (22 mg NO₃/l) har sammenheng med utvasking av nitrat fra jordbruksarealene oppstrøms brønnen som benyttes til dyrking av potet, bringebær og frukt/morell.

I vannprøvene fra den nye overvåkingsbrønnen ble det påvist lave konsentrasjoner av to plantevernmidler, en metabolitt av ugrasmidlet metribuzin og to metabolitter (IN70941 og IN70942) av lavdosemidlet rimsulfuron. Påviste plantevernmidler er vanlig brukt ved potetproduksjon, men også i andre kulturer.

I 2018 ble det ikke tatt prøver av vanningsbrønnen ut fra budsjettmessige hensyn, men det er ønskelig at det også utføres prøvetaking for denne brønnen i 2019 og videre framover.

5.4.5 Oppsummering kartlegging kjemisk tilstand

Vannprøvene av grunnvann i Lærdal har vist gjenfunn av plantevernmidler i tre av fire prøver, med påvisning av lave konsentrasjoner av metabolitter til ugrasmidlet metribuzin og lavdosemidlet rimsulfuron. Nitrat har blitt påvist i forhøyede konsentrasjoner sammenlignet med forventet bakgrunnsverdi i upåvirket grunnvann. Hverken for plantevernmidler eller nitrat ble det påvis konsentrasjoner over vendepunkt- eller terskelverdi. Samlet vurdering er at undersøkt grunnvann i Lærdal har god kjemisk tilstand, selv om grunnvannet er påvirket av jordbruksaktivitet.

Tabell 23: Analyseresultater for grunnvann fra vanningsbrønn (VAN) og overvåkingsbrønn (BRØ) i Lærdal i 2017 og 2018. Orange farge viser prøver som overskrider vendepunktverdien.

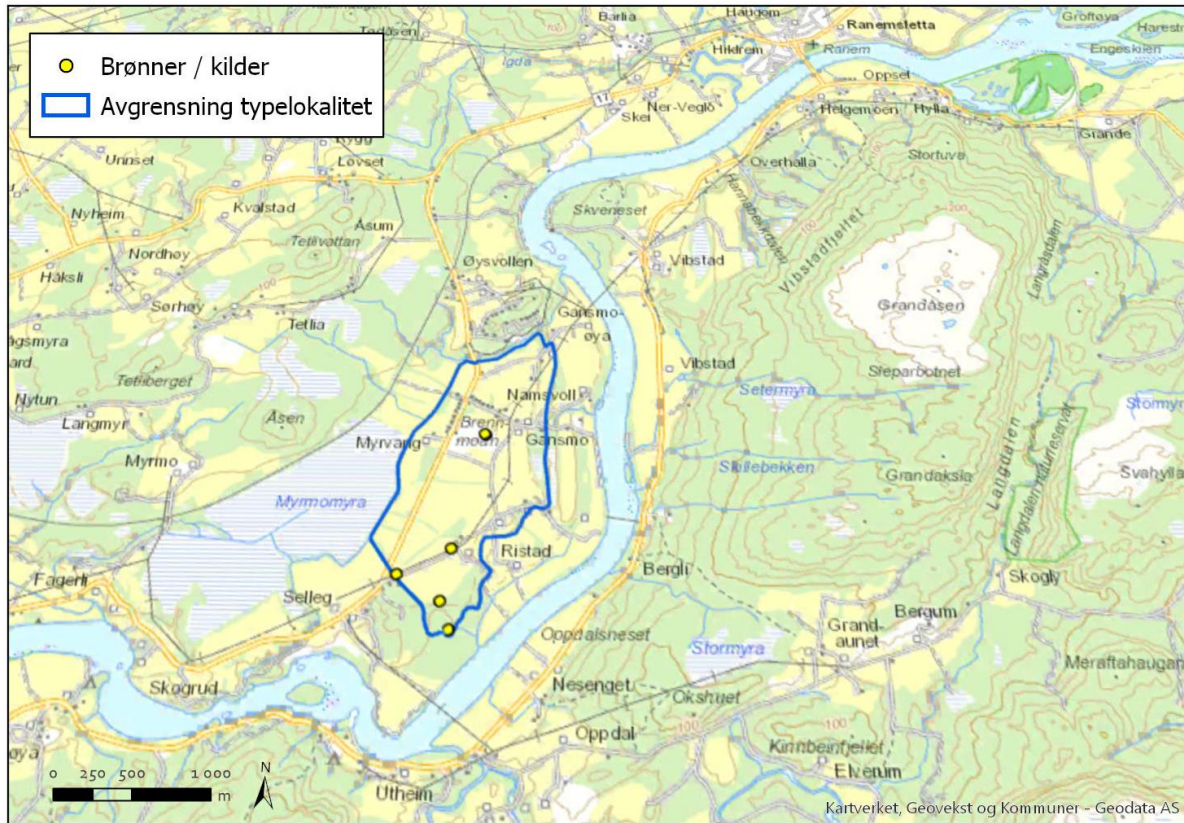
Stoffer/Parameter	Terskel verdi	Vende punkt	Lær. VAN 25.10.17	Lær. BRØ 19.11.17	Lær. BRØ 30.06.18	Lær. BRØ 28.10.18
Nitrat (mg/l)	50	37,5	21,7	5,3	4,4	4,9
Klorid (mg/l)	200	150	15	5,6	5,9	4,9
Sulfat (mg/l)	100	75	17,2	15,5	18,0	15,5
Ammonium (µg N/l)	500	400	<5	<5	<5	<5
Arsen (µg/l)	10	7,5	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Kadmium (µg/l)	5	3,75	<0,010	0,01	0,015	<0,01
Bly (µg/l)	10	7,5	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Kobber (µg/l)**	15,6	7,8	2,3	<0,50	0,88	0,50
Sink (µg/l)**	60	11	3,8	<2,0	<2,0	<2,0
Jern (µg/l)	-	-	9	88	170	3,2
Mangan (µg/l)	-	-	3,6	13	37	2,1
Plantevernmidler						
Propikonazole (µg/l)	0,1	0,075	*	*	*	*
Fenpropimorph (µg/l)	0,1	0,075	*	*	*	*
Pyraclotrubin (µg/l)	0,1	0,075	*	*	*	*
Metalaxyl (µg/l)	0,1	0,075	-	*	*	*
Metribuzin-DK	0,1	0,075	-	*	*	*
Metribuzin-DADK	0,1	0,075	-	0,016	*	*
Imazalil	0,1	0,075	*	*	*	*
Glyfosat/AMPA (µg/l)	0,1	0,075	-	*	*	*
MCPA (µg/l)	0,1	0,075	*	*	*	*
2,4 D (µg/l)	0,1	0,075	*	*	*	*
IN70941, Lavdose (µg/l)	0,1	0,075	-	0,0074	0,0023	0,0053

IN70942, Lavdose (µg/l)	0,1	0,075	-	*	0,0023	0,00016
INA 4098, Lavdose (µg/l)	0,1	0,075	-	*	*	*
Metsulfuron-methyl, Lavdose (µg/l)	0,1	0,075	-	*	*	*
Sum plantevernmidler	0,5	0,4	0	0,016	0	0,0055

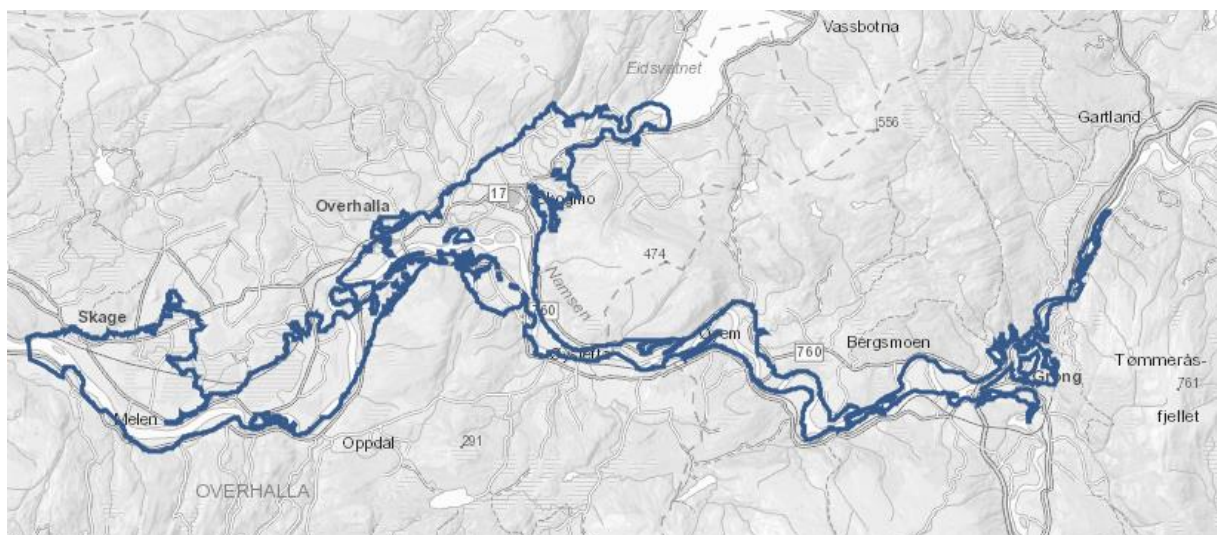
5.5 Overhalla

5.5.1 Lokalisering og utvalgskriterier

Typelokalitet Overhalla er lokalisert på Brennmoan på vestsiden av elva Namsen i Overhalla kommune i Trøndelag (se kart i Figur 56), og er en del av den administrative grunnvannsforekomsten 139-864-G Overhalla/Grong (Figur 57).



Figur 56: Utstrekning av grunnvannsforekomsten på Brennmoan i Overhalla kommune.



Figur 57: Utstrekning på den administrative grunnvannsforekomsten 139-864-G Overhalla / Grong (www.vannnett.no).

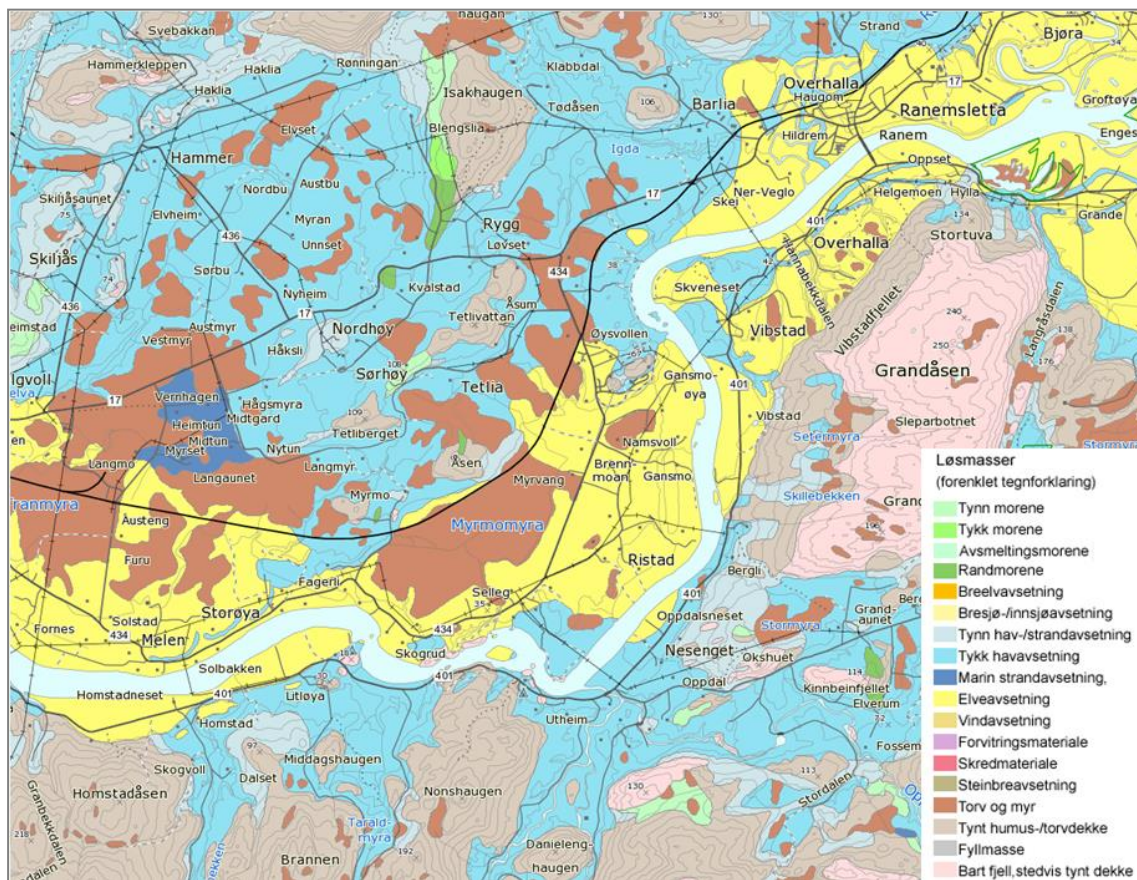
Lokaliteten er valgt ut for å representere en typisk grunnvannsforekomst i en elveterrasse med permeabel sand og grus med liten umettet og mettet sone, der det er forventet at nydanning av grunnvann hovedsakelig skjer ved nedbørsinfiltrasjon på selve avsetningen (selvmatende akvifer). Potensiell belastningen på grunnvannets kjemiske tilstand er jordbruk med hovedvekt på gras-, korn- og potetdyrking. Det er kun uttak av små mengder grunnvann til lokal vannforsyning fra grunnvannsforekomsten slik at den kvantitative status er forventet å være meget god.

Grunnvannsforekomst Overhalla ligger i en overgangssone mellom kyst- og innlandsklima med forholdsvis milde vintre og tempererte somrer.

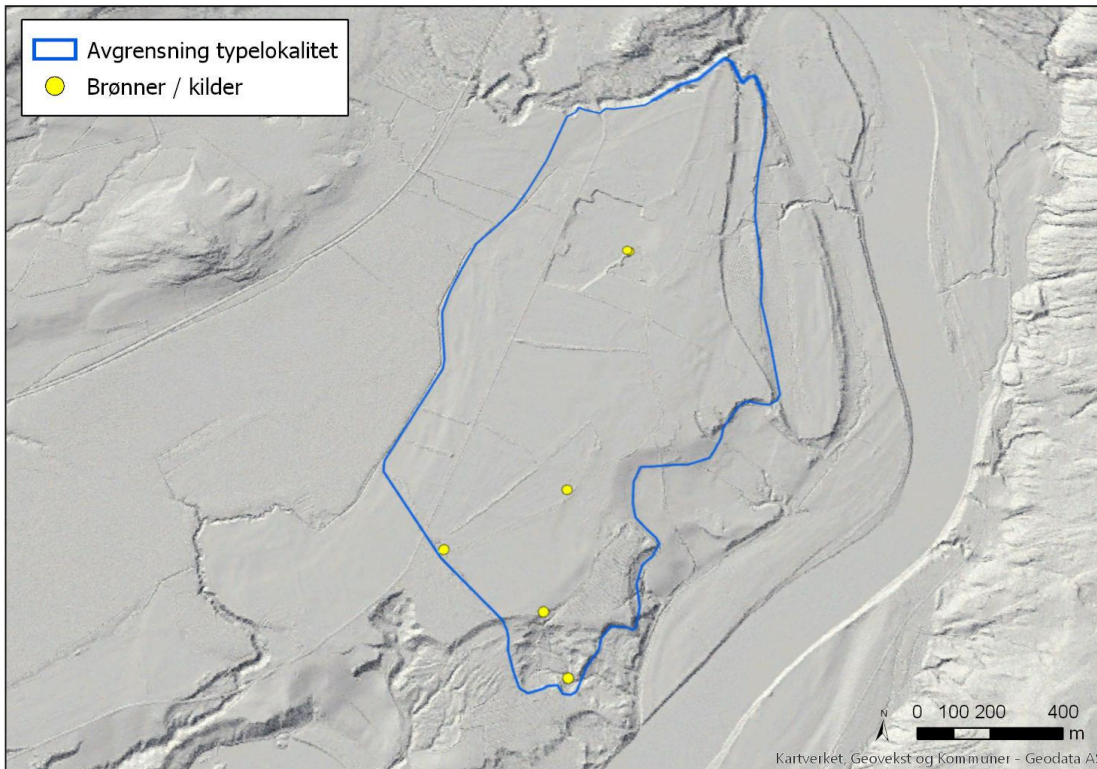
5.5.2 Løsmassegeologi

Grunnvannsforekomst Overhalla ligger under marin grense, og løsmassene i dalgangen i dette området domineres av finkornige marine sedimenter delvis overlagret av sandige elveavsetninger langs elva Namsen (Figur 58). Løsmassene i området Brennmoan ble avsatt for ca. 6000 år siden som et elvedelta ut i Namsenfjorden, som den gang gikk helt inn til Brennmoan (Sveian 2013). Dette fjorddeltaet fylte opprinnelig hele dalgangen, men etterfølgende landheving har ført til at Namsen har erodert bort deler av deltaet, og avsetningen framstår i dag som en elveterrasse hvor toppflaten ligger ca. 25 - 30 meter over dagens elvenivå.

Løsmassene som utgjør grunnvannsforekomst Overhalla består av et topplag av sandige elveavsetninger med gode dreneringsforhold. Dette topplaget avgrenses i øst av elvenedskjæringen ned mot Namsen, der elva har erodert ned i avsetningen og avdekket underliggende siltige leirige fjordsedimenter. Utbredelsen av det sandige topplaget avgrenses trolig i vest av Myrmyra. I nord avgrenses elveavsetningen av bekkenedskjæringen langs Brudalsbekken og fjellterskel ved Øysvollen (se terrengmodell i Figur 59). Ut fra tilgjengelig geologisk informasjon har det ikke vært mulig å gi en klart definert avgrensning av grunnvannsforekomsten mot sør. Det er imidlertid forventet at bekkeravinene med kildene i det sørlige området på Brennmoan har avgjørende betydning på grunnvannsstrømmen i dette området.



Figur 58: Kvartærgeologisk kart over området ved grunnvannsforekomst Overhalla (kilde: www.nqu.no)



Figur 59: Høyoppløselig terrengmodell over grunnvannsforkomst Overhalla. Bekkeravinene og elvaedskjæringene i den sørlige delen av typelokaliteten vises tydelig. Det gjør også bekkenedskjæringen langs Brudalsbekken og fjellterskelen ved Øysvollen i nord.

5.5.3 Hydrogeologi

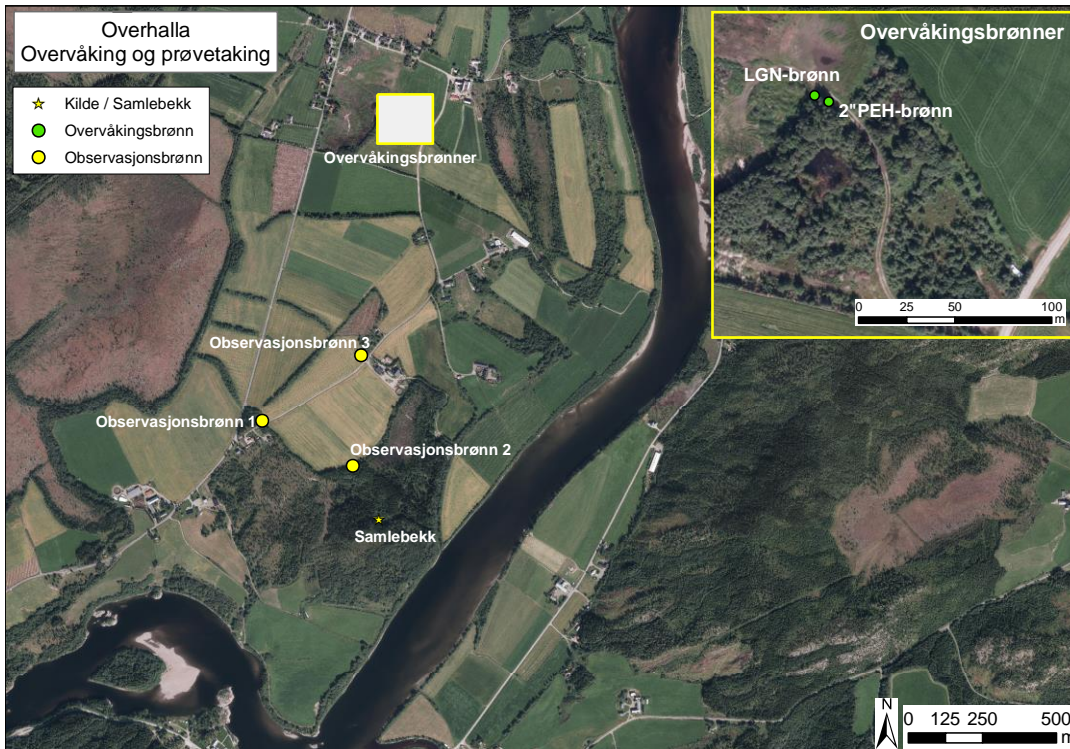
I forbindelse med det landsomfattende overvåkingsnettet for mark- og grunnvann (LGN) ble det i 2003 etablert en brønn i et nedlagt massetak på Brennmoan. Brønnen er av rustfritt stål og brønnfilteret er plassert mellom 7-8 m under terrenget. Prøvetakingen for vannanalyser ble avsluttet i 2005, men NVE har installert automatisk trykk- og temperaturlogger i denne brønnen, og brønnen inngår fortsatt i det nasjonale mark- og grunnvannsnettet (LGN).

Høsten 2016 ble det etablert ytterlig en overvåkingsbrønn på Brennmoan. Den nye brønnen er en 2"PEH-brønn og plassert kun få meter fra LGN-brønnen. Brønnfilteret er plassert cirka 2-4 m under terrenget, i den øvre delen av den mettede sonen. De to nærliggende brønnene med brønnfilter i ulike nivå under bakken gjør det er mulig å undersøke eventuelle endringer i grunnvannskjemien mot dypet. Boreloggene viser at elveterrassen er lagdelt, med sand og grus ned til 11-12 m dypde (ved LGN-brønnen) over siltige og leirige fjordavsetninger.

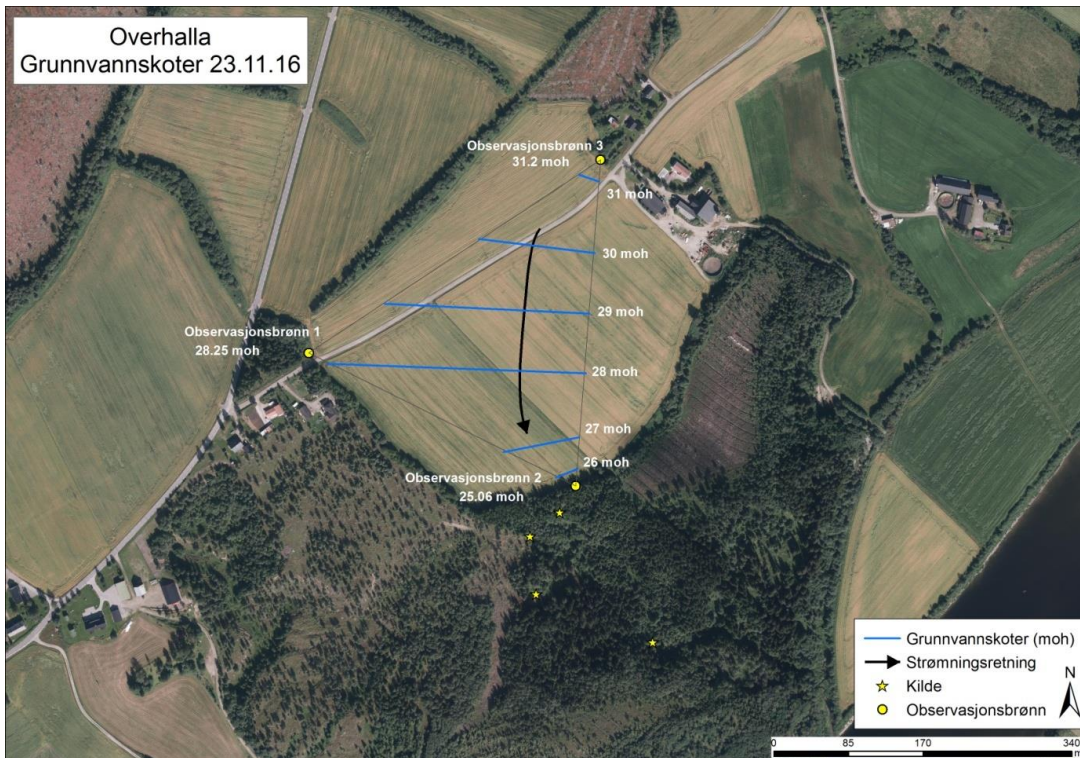
Georadarkartleggingen viser en umettet sone med varierende mektighet mellom 5 og 10 meter på selve Brennmoan, og med økende mektighet mot sør. Prøvetakingsbrønnene ligger i et nedlagte sandtaket størstedelen av løsmassene i den opprinnelig umettede sonen har blitt gravd ut, og grunnvannsspeilet varierer rundt 1 meter under terrenget. Georadaropptakene indikerer også at grunnvannsspeilet heller svakt mot sør-sørøst på Brennmoan.

Ut fra den foreslåtte avgrensningen av grunnvannsforkomst Overhalla (se Figur 56) antas typelokaliteten å være hovedsakelig en selvmatende akvifer, der nydanning av grunnvann skjer gjennom infiltrasjon av nedbør som faller på selve avsetningen. Elva Namsen og de omliggende bekker mottar utstrømmende grunnvann fra grunnvannsforkomsten, men Namsen bidrar ikke med nydanning av grunnvann til forekomsten. Dette medfører liten vanngjennomstrømning, utvasking og fortykning av eventuelle forurensninger i grunnvannsforkomsten. Dette gjør grunnvannsforkomsten sårbar for potensielt forurensende aktiviteter.

Ut fra registrerte grunnvannsnivå i de tre observasjonsbrønnene, samt tolket grunnvannsnivå angitt i georadarprofilene, er grunnvannets strømningsretning for den sørlige deler av grunnvannsforkomsten beregnet (Figur 61). Som det framkommer av figuren drenerer grunnvann ut mot kildeområdet i sør, noe som stemmer godt over ens med betydelig vannføring i bekkene nedstrøms kildehorisonten.



Figur 60: Oversiktskart over overvåkings- og prøvetakingslokalitetene på Brennmoan ved Overhalla. Observasjonsbrønner er enkle brønner uten filter som ikke egner seg til vannprøvetaking, men som benyttes til logging av grunnvannsstand. Overvåkingsbrønnene og samlebekken blir prøvetatt.



Figur 61: Grunnvannskoter og strømningsretning på den sørlige delen av grunnvannsforkomst Overhalla.

5.5.4 Prøvetaking og analyser

De to overvåkingsbrønnene ved Brennmoan ble prøvetatt for analyser av standard fysikalske parameter, uorganisk kjemi og plantevernmidler. I tillegg til overvåkingsbrønnene har en liten bekk som får vann fra kildene i ravinene sør på Brennmoan blitt prøvetatt.

Uorganisk vannkjemi ble fra 2015 til 2017 analysert ved Analysesenteret mens vannprøvene fra 2018 ble analysert ved ALS. Plantevernmidler ble analysert på pesticidlaboratoriet hos NIBIO.

5.5.5 Resultater vannanalyser 2015 – 2018

Tabell 24 viser en sammenstilling av de viktigste analyseresultater fra de utførte undersøkelsene. Et større utvalg av analyseresultater kan finnes i vannmiljødatabasen (<https://vannmiljo.miljodirektoratet.no/>) og en fullstendig oversikt over utførte vannanalyser frem til november 2016 finnes i hovedrapporten for typelokaliteten (Dagestad m.fl. 2019).

Med forbehold om det begrensede antall prøver både i rom og tid indikerer analyseresultatene at grunnvannsforekomst Overhalla har god kjemisk tilstand. Det registres imidlertid forhøyde nitratverdier i samtlige vannprøver tatt i kildeområdet, noe som indikerer at grunnvannet i kildene er påvirket av jordbruksaktivitet i tilstrømningsområdet. Nitratinnholdet i grunnvannet ligger likevel godt innenfor grenseverdien for god kjemisk tilstand. Konsentrasjoner av arsen, bly, kadmium og kobber er gjennomgående veldig lave eller under deteksjonsgrensen.

Det ble funnet plantevernmidlet propikonazol i to vannprøver fra LGN-brønnen, men i lave konsentrasjoner. Utover dette er det ikke funnet rester av plantevernmidler i verken brønnene eller i kildebekken. Det er verdt å merke seg at funnene av propikonazol ble gjort i grunnvann fra den dype LGN-brønnen (cirka 9 m dyp), og ikke i den grunne 2"PEH-brønnen (cirka 4 m dyp). Dette er overraskende og kan tyde på at grunnvann ved LGN-brønnen er blitt forurenset av overflatevannlekkasje langs brønnrør.

Automatiske målinger av grunnvannets elektriske ledningsevne i overvåkingsbrønnene og i kildebekken i perioden 2015 til 2018 viser at ledningsevnen, og dermed grunnvannets kjemiske sammensetning, kan variere mye over tid. Den elektriske ledningsevnen i grunnvannet fra den dype LGN-brønnen er lav (maks. verdi 72 $\mu\text{S}/\text{cm}$) og varierer imidlertid lite over tid. Vannprøvene som er analysert fra denne brønnen anses derfor å være representative for grunnvannet ved lokaliteten. Den elektriske ledningsevnen i grunnvannet fra 2"PEH-brønnen varierer imidlertid mellom 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ og 204 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Dette er betydelige variasjoner, men siden de aller fleste målingene under prøvetakingene er under 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ og høyere verdier er kortvarige unntak, anses grunnvannsprøvene likevel som representative for grunnvannskjemiene i måleperioden.

Automatiske målinger i kildebekken viser stabil lav elektrisk ledningsevne under 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ i store deler av måleperioden, men i flere episoder (både vinterstid og sommerstid) registreres det plutselig betydelig økning i bekevannets ledningsevne. Ved den mest markante økningen høsten 2018 stiger den elektriske ledningsevnen til hele 4450 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ved vannprøvetakingene har det blitt registrert elektrisk ledningsevne mellom 120 $\mu\text{S}/\text{cm}$ og 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, og det har følgelig ikke lyktes å ta ut vannprøver i periodene med betydelig forhøyet elektrisk ledningsevne. Den periodiske økningen i ledningsevnen indikerer en betydelig endring i vannkjemien i bekken som kan være forårsaket av at grunnvann som er mer påvirket av jordbruksaktiviteten strømmer ut i kildeområdet. Ut fra de hittil utførte undersøkelsene er det derfor ikke mulig å fastslå kjemiske tilstand til kildebekken og den sørlige delen av grunnvannsforekomsten.

5.5.6 Oppsummering kartlegging kjemisk tilstand

Kartlegging av grunnvannsforekomst Overhalla har så langt vist at overvåkingsbrønnene i den nordlige delen av forekomsten er lite påvirket av jordbruksaktivitet, og at grunnvannet i dette området har god kjemisk tilstand. Liknende kartlegging av vannkvaliteten i kildeområdet i den sørlige delen av grunnvannsforekomsten har vist forhøyde verdier av nitrat, noe som viser at grunnvannet er påvirket av jordbruksaktiviteten i tilstrømningsområdet til kildene. Konsentrasjonene av nitrat ligger godt under grenseverdien for god kjemisk tilstand i alle analyserte vannprøver. Det ble påvist rester av bekjempningsmiddelet propikonazol i to vannprøver fra LGN-brønnen. Det ble i flere episoder registrert en betydelig økning i elektrisk ledningsevne i kildebekken, noe som indikerer at vannkjemien varierer betydelig over tid. Det ble ikke tatt ut vannprøver til analyse i perioder med høy ledningsevne, slik at det er knyttet usikkerhet til kjemisk tilstand i de sørlige deler av grunnvannsforekomsten.

Tabell 24: Analyseresultater for utvalgte uorganiske laboratorieanalyser og plantevernmidler. Av forbindelsene analysert med metode 101 ble det funnet propikonazol i to prøver. Verken lavdosemidler (M72), Metribuzin (M76), Glyfosat AMPA (M59) eller polare ugrasmidler (M15) ble påvist i noen av vannprøvene.

		Uorganiske analyser										Plantev. midler, Metode 101
	Dato	NH4 -N µg/l	Klorid mg/l	Nitrat mg NO3/l	Sulfat mg/l	Arsen µg/l	Bly µg/l	Kadm. µg/l	Kobber µg/l	Kvikks. µg/l	Sink µg/l	Propiko nazol µg/l
Terskelv. Vendepv		500 400	200 150	50 37.5	100 75	10 7.5	10 7.5	5 3.74		0.5 0.4		0.1 0.075
LGN- brønn	01.07.15	<10	6.40	0.7	4.97	<0.05	0.06	<0.03	0.6	-	12.1	-
	20.10.15	<10	6.69	1.1	5.56	<10	<5	<0.5	<5	-	7.4	-
	29.09.16	<10	8.71	2.2	2.97	<10	<5	<0.5	<5	-	11.7	n.d.
	23.11.16	<10	9.03	2.8	2.87	<10	<5	<0.5	<5	-	9.4	n.d.
	29.05.17	<10	9.30	3.9	4.14	<0.05	<0.05	<0.03	0.27	-	5.9	0.021
	05.10.17	<11	9.07	2.3	4.54	<0.05	<0.05	<0.03	0.2	-	9	0.015
	29.06.18	<3	8.5	1.6	3	<0.05	0.016	0.02	0.26	<0.002	6.6	-
	18.08.18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.d.
	30.10.18	13	10	3	4	<0.05	<0.01	0.02	0.22	<0.002	4.0	-
2"PEH brønn	29.09.16	128	12.9	0.7	1.7	<10	<5	<0.5	<5	-	6.7	n.d.
	23.11.16	22	15.4	1.5	1.46	<10	<5	<0.5	<5	-	5	n.d.
	26.04.17	<10	9.84	<0.25	1.81	0.06	0.052	<0.03	1.02	-	3.8	n.d.
	05.10.17	17	12.6	0.3	1.59	0.08	<0.05	<0.03	0.91	-	3.7	n.d.
	29.06.18	<3	8.84	0.2	2	0.09	0.02	0.01	1.36	<0.002	2.7	n.d.
	31.10.18	10	8	0.6	3	0.08	<0.01	0.01	1.34	<0.002	1.3	-
Bekk - kilder	29.09.16	12	14	22.7	18.6	<10	<5	<0.5	<5	-	3.4	n.d.
	23.11.16	10	13.7	23.8	18.9	<10	<5	<0.5	<5	-	3.8	n.d.
	26.04.17	<10	12.5	14.6	17.2	<0.05	<0.05	<0.03	0.37	-	3.8	n.d.
	05.10.17	14	12.4	13.9	17.4	<0.05	<0.05	<0.03	0.24	-	3	n.d.
	29.06.18	18	13.8	22	20	<0.05	<0.01	0.01	0.21	<0.002	2.1	n.d.
	30.10.18	20	14	23	20	<0.05	<0.01	0.01	0.24	<0.002	1.9	-

"-" = ikke analysert; "n.d." = ikke påvist

5.6 Rimstadmoen

5.6.1 Lokalisering og utvalgskriterier

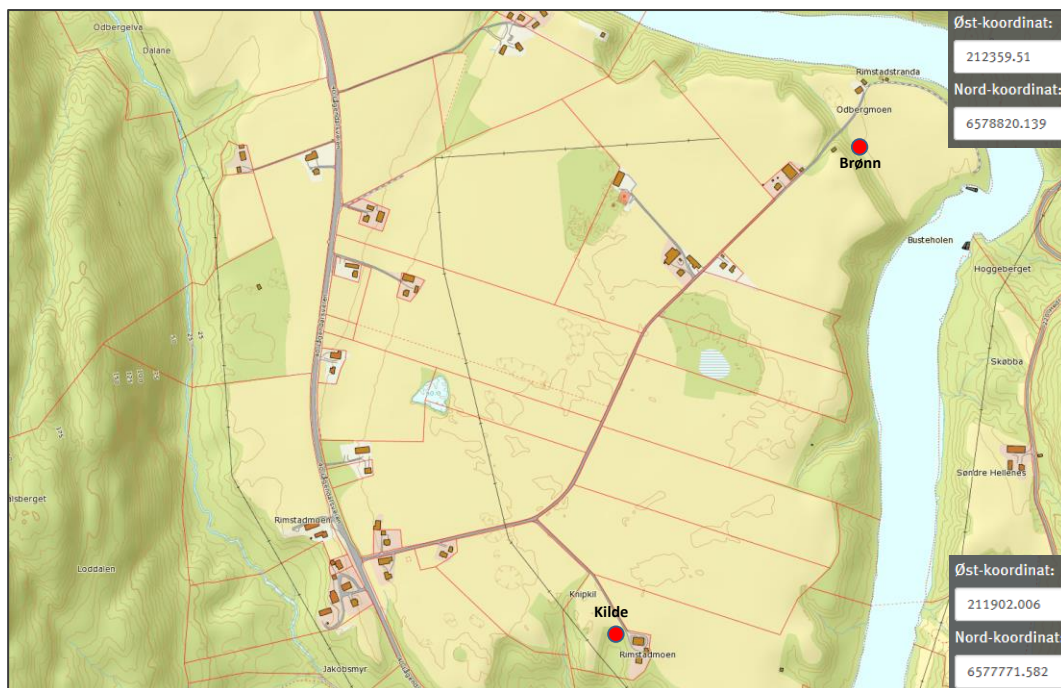
Rimstadmoen ligger i Lågendalen i Larvik kommune, nord for Kvelde på vestsida av Lågen, og er en del av den store administrative grunnvannsforekomsten 015-746-G Numedal 2.

Lokaliteten er valgt ut for å representere elveterrassene i Lågendalen, og områder hvor grunnvannet er utsatt for forurensningsbelastninger fra dyrking av korn, potet og gulrot. Rimstadmoen har innlandsklima med normal årsnedbør på 1135 mm og årsmiddeltemperatur på 6,9 °C.

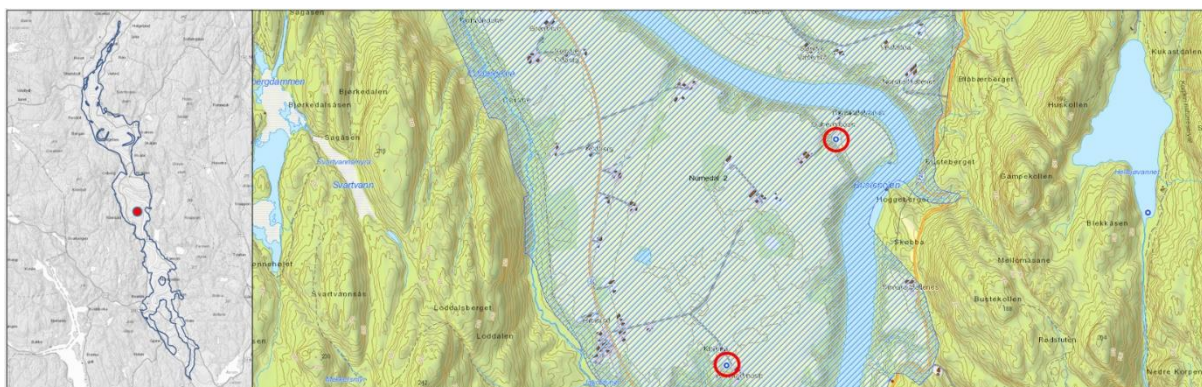
Ved lokaliteten er det tidligere utført detaljerte kvartærgeologiske undersøkelser og geofysiske målinger i regi av Geologisk institutt ved Universitetet i Oslo. I dette området finnes en rekke grunnvannskilder langs kanten av elveterrassen.

Arealet domineres av en stor terrasse langs Lågen ca. 40 m.o.h. og 30 m over Lågen, samt en mindre lavereliggende terrasse på et nes ned mot Lågen i øst. Plassering av overvåkingsbrønnen (VannlokalitetsID 91948) og en kilde (VannlokalitetsID 91947), valgt ut til overvåking av grunnvann, er vist i Figur 62.

Arealet er i likhet med andre lignende terrasser langs Lågen klassifisert som grunnvannsforekomst i Vann-Nett (Figur 63).



Figur 62: Beliggenhet av etablert overvåkingsbrønn og kilde som benyttes for overvåking av grunnvann på Rimstadmoen.



Figur 63: Viser grunnvannsforkomst 015-746-G Numedal 2, og plassering av Rimstad-brønnen (VannlokalitetsID 91948) og Rimstad-kilde (VannlokalitetsID 91947). Fra Vann-Nett og Vannmiljø.

Tidligere ble grunnvann og grunnvannskilder her brukt til lokal vannforsyning for spredt bebyggelse. I dag har de fleste kommunal vannforsyning, men noen har fremdeles vannforsyning fra lokal brønn.

Rimstadmoenterrassen er dominert av jordbruksareal. Området er avgrenset av Lågen i øst og dels i nord, og av Odbergelva i sør og vest. Odbergelva er overvåkingslokalitet for en sårbar bestand av elvemusling.

5.6.2 Geologi, løsmasser og hydrogeologi

På NGUs kvartærgeologiske kart er hele området klassifisert som fluviale avsetninger (Figur 64). På det kvartærgeologiske kartet er de øverste avsetningene på selve Rimstadmoenterrassen kartlagt som sand.

Løsmasseforholdene på Odbergmoen og Rimstadmoen i Lågendalen er tidligere også undersøkt av (Sørensen et al. 1982). Denne undersøkelsen konkluderte med at mesteparten av denne terrassen er bygget opp av estuarie eller fluvial sand, og elvesystem med forgreinede elveløp ble utviklet da området steg over havnivå. Grunnvannskilder noen få meter over elvenivået ble benyttet av Sørensen et al. (1982) til å definere grensen mellom tørr sand og underliggende finere marine sedimenter.

En detaljert undersøkelse av et snitt i løsmassene i terrasseskråningen fra 3 til 15 meters dybde under hovedterrassen i nærheten den etablerte overvåkingsbrønnen viste at sammensetningen av de øvre 15 meter veksler mellom sand og sandig silt, der godt sortert sand var dominerende (Sørensen et al. 1982). Se Figur 65 og Figur 66.

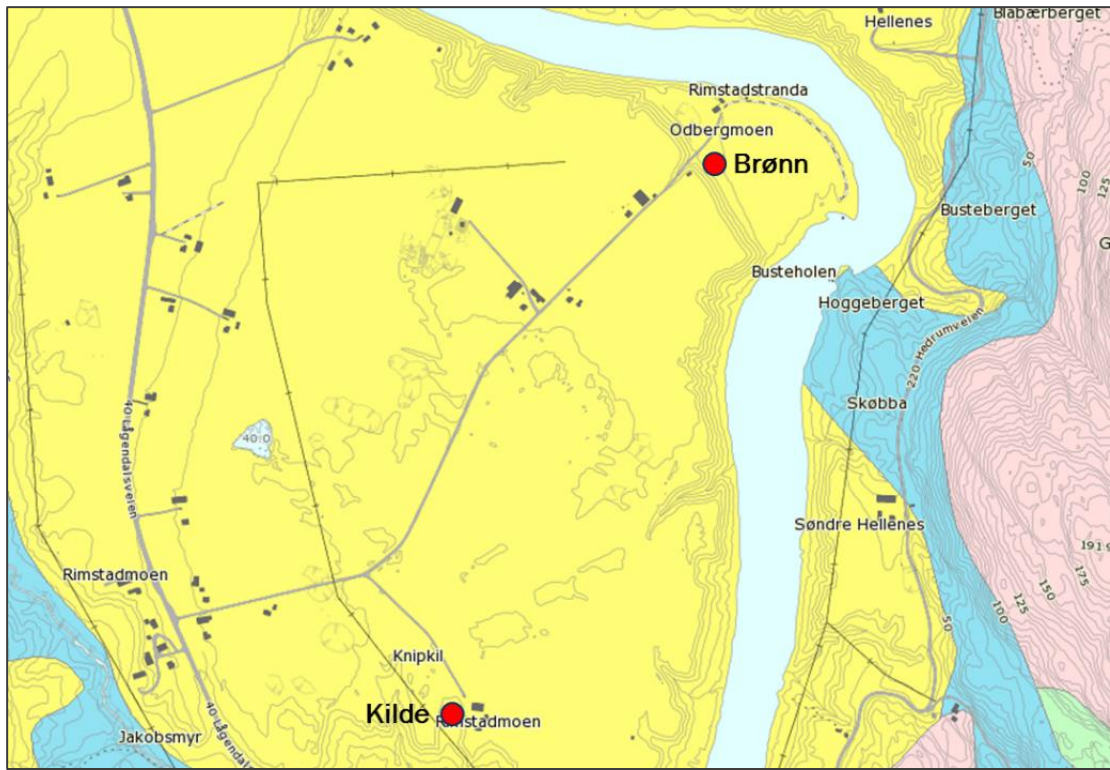
Boring i forbindelse med etablering av overvåkingsbrønnen avdekket sandholdige masser med noe finstoff ned til 3 m dyp. Videre nedover i boreprofilen var det stort innhold av leire.

Rimstadmoen er omgitt av elver som har skåret seg dypt ned i løsmassene som avgrenser med tilførsel av overflatevann til grunnvannsforkomsten fra nedbørfeltene utenfor terrassen.

Et viktig hydrogeologisk trekk ved dette området er forekomsten av kilder og kildehorisonter. Sørensen et al. (1982) påpeker forekomsten av grunnvannskilder noen få meter over elvenivå.

Under feltbefaring ble det omkring den etablerte overvåkingsbrønnen registrert kildeutslag flere steder i overgangen mellom den øvre hovedterrasseskråningen og den laveliggende terrassen.

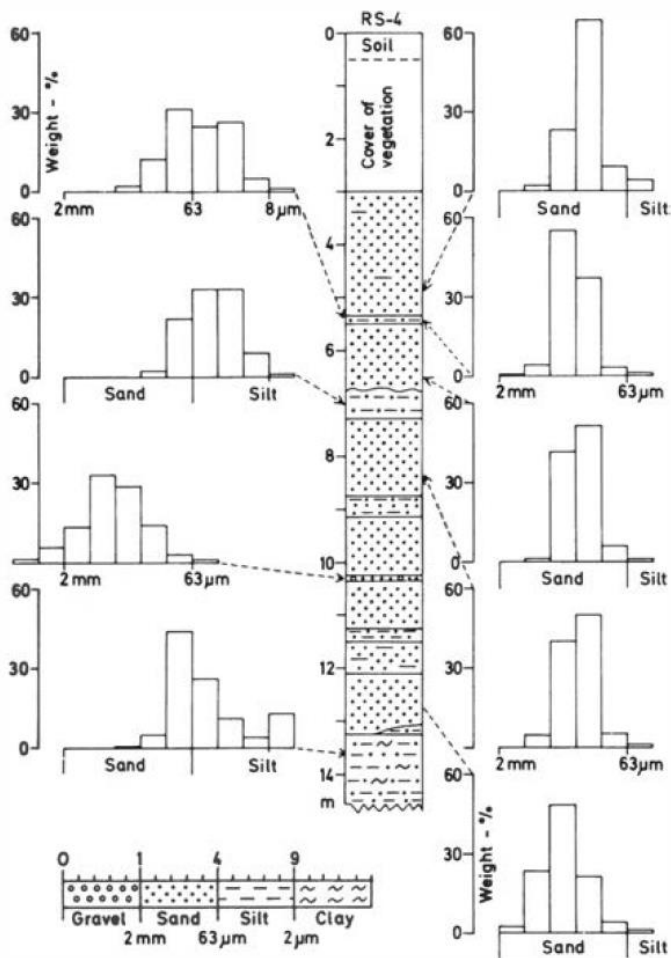
Det var også kildeutspring i mange raviner langs terrassekanten (Figur 67). På topografisk kart er det for to raviner markert at bekker starter ca. 9 meter under terrasseflaten.



Figur 64: Løsmassekart for Rimstadmoen. Lastet ned fra NGUs nettsider.



Figur 65: Viser naturlig rasskråning dominert av fin sand i terrasse-skrenten litt nord for overvågingsbrønnen.



Figur 66: Kornstørrelsesfordeling i et snitt gjennom postglasiale sedimenter i terrassekanten nordvest for overvåkingsbrønnen ved Rimstadmoen. Etter Sørensen et al., 1982.

Kildeutspring i flere nivåer og veksling mellom lag med vekslende kornstørrelse tilsier muligheter for hengende grunnvann. Vannivå i lokale gravde brønner kan derfor avspeile nivået for hengende grunnvannsmagasin.

Bortsett fra overvåkingsbrønnen, som ligger langs kanten av hovedterrassen, er det ikke foretatt målinger av grunnvannstand, og det derfor vanskelig å anslå grunnvannsnivå for ulike deler av Rimstadmoen. Kildene viser imidlertid strømming av vann ut av akviferen både mot sør og øst.



Figur 67: Grunnvannskilder i ravine i brattkanten ned mot Lågen med tydelig jernutfelling.

5.6.3 Påvirkning av menneskelig aktivitet – jordbruksdrift

Rimstadmoterrassen er dominert av jordbruksareal, der det dyrkes korn, potet og gulrot (Figur 68). Jorda er noe tørkesvak som medfører at det vannes rutinemessig.



Figur 68: Jordbruksarealet brukes i til dyrking av korn poteter og gulrøtter.

De fleste av ravinene i området er ustabile. Ved store nedbørshendelser eller snøsmelting kan utløses ras og utglidninger i disse områdene (Figur 69). For å forebygge ras og utglidninger er det derfor lagt ned flere inntakskummer som fanger inn overflatevann og leder dette i rør til i Lågen.



Figur 69: Ras i en ustabil ravineskråning på Rimstadmoen. Foto: Einar Kolstad.

5.6.4 Brønnutforming, grunnvannsstand og tilrettelegging ved kilde

En rørbrønn ble satt ned av Nordenfjeldske Brønn og Spesialboringer i begynnelsen av juli 2016. Brønnen ble etablert i nedkant av en bratt skråning, og ligger ca. 17 m lavere enn jordbruksarealene på toppen av hovedterrassen (Figur 69).

Brønnen er 3 m dyp, med bunnseksjon 0,5 m og brønnfilter i dyp 0,5 – 2 m og med 0,5 m stigerør på toppen. Brønnfilteret er con-slot med 0,2 mm lysåpning og ytre diameter 110 mm. Stigerør og bunnseksjon med ytre diameter 114 mm. Alt i rustfritt stål (SS2333). Brønnen ble gruskastet med filtergrus (kvarssand 0,5 -1,2 mm) både under og opp langs brønnrøret. Brønnen ble tettet med en betongkrage rundt røret ved jordoverflaten. Det ble satt en liten betongkum over brønnrøret for å beskytte brønnen mot direkte forurensning og fysiske påvirkninger.

Målinger av grunnvannsnivå i overvåkingsbrønnen i 2016 og 2017 i forbindelse med uttak av vannprøver viste at grunnvannstanden varierte mellom 1,0 – 1,4 m under terrengoverflaten.

I august 2016 ble en kildelokalitet valgt ut for overvåking. Kilden forsynte tidligere gården Knipkil med drikkevann. Ved kilden ble det satt ned en prøvetakingsbrønn med lengde 1,8 m, en bunnseksjon på 0,3 m, con slot filter lengde 1 m og på toppen et stigerør på 0,5 m. Prøvetakingsbrønnen var i rustfri utførelse (SS2333), og ble prefabrikkert for NIBIO av Østfold Brønnboring AS.

5.6.5 Resultater fra vannanalysene

Resultatene fra vannanalyser fra brønn (BRØ) og kilde (KIL) er vist i Tabell 25 og Tabell 26. Brønnen antas å motta eldre grunnvann fra dypere deler av avsetningen. Kilden anta å motta mer overflatenært og nydannet grunnvann som renner av mot kildehorisontene via delvis tette horisontale sjikt av silt og aurhelle høyere oppe i lagpakka.

Generelt indikerer resultatene at Rimstadmoen har et oksygenfattig grunnvann med lave til moderate konsentrasjoner av nitrat, og noe dannelse av ammonium.

Både brønn og kilde viser tidvis forhøyede konsentrasjoner av jern og mangan, som indikerer oksygenfrie forhold i grunnvannet. Kilden synes tidvis å ha mer oksygen i grunnvannet, særlig i forbindelse med nedbørsepisoder. Antagelsene om oksygenforholdene bekreftes av automatiske målinger av vannkvaliteten utført i både brønn og kilde. Både brønn og kilde har vist noe forhøyede konsentrasjoner av sink, maksimalt 19 µg Zn/l. Det er usikkert om dette skyldes naturlige geologiske forhold eller skyldes aktiviteter på jordbruksarealene. For en prøve fra kilden ble det påvist en forhøyet konsentrasjon av arsen (As) og for en annen en forhøyet konsentrasjon av bly (Pb). Arsen har ofte forhøyet konsentrasjon i områder med utvasking av jern, da disse mobiliseres under reduserende kjemiske forhold. Forhøyd konsentrasjon av bly antas foreløpig å være en usikker verdi, som potensielt kan være en analysefeil.

Samlet, gjennom perioden 2016 til 2018, ble det påvist 6 ulike plantevernmidler og metabolitter i grunnvannet. Metabolitter av lavdosemidler ble påvist i alle vannprøver, men i lave konsentrasjoner.

Metabolitter av ugrasmidlet metribuzin (metribuzin-DK og metribuzin-DADK) ble påvist i konsentrasjoner over terskelverdi for tre prøver. For tre andre prøver ble det påvist konsentrasjoner over vendepunktverdien.

Soppmidlet metalaxyl ble påvist i flere prøver, og i konsentrasjoner over akutt miljøfarlighet for vannlevende organismer (AMF). Soppmidlene fenpropimorf og pyraclostrubin ble påvist i grunnvannet, selv om de er angitt med lav mobilitet og lav risiko for nedvasking i undergrunnen.

Tabell 25: Analyseresultater for vannprøver fra overvåkingsbrønn (BRØ) Rimstadmoen i 2016, 2017 og 2018. Orange farge viser prøver som overskrider vendepunktetsverdien. Rød farge markerer prøver som overskrider terskelverdien.

Stoffer/Parameter	Terskel verdi	Vende punkt	Rim. BRØ 10.08.16	Rim BRØ 10.11.16	Rim. BRØ 28.06.17	Rim. BRØ 14.08.17	Rim. BRØ 10.10.17	Rim. BRØ 27.06.18	Rim. BRØ 11.10.18
Nitrat (mg/l)	50	37,5	4,4	8,4	5,3	1,9	2,5	0,27	3,0
Klorid (mg/l)	200	150	9,1	9,2	10	9,8	9,7	9,3	9,9
Sulfat (mg/l)	100	75	31,7	28,3	38,5	42,2	33,7	47,2	40,7
Ammonium (µg N/l)	500	400	5,2	100	12	290	22	29	20
Arsen (µg/l)	10	7,5	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Kadmium (µg/l)	5	3,75	0,03	0,06	0,07	0,09	0,08	0,09	0,06
Bly (µg/l)	10	7,5	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Kobber (µg/l)**	15,6	7,8	<0,50	0,58	1,3	1,9	3,0	3,6	1,9
Sink (µg/l)**	60	11	4,8	12	14	10	13	19	11
Jern (µg/l)	-	-	45	200	72	2700	310	2000	1400
Mangan (µg/l)	-	-	78	36	32	270	56	360	110
Plantevernmidler									
Propikonazole (µg/l)	0,1	0,075	*	*	*	0,012	*	*	*
Fenpropimorph (µg/l)	0,1	0,075	*	*	*	*	*	*	*
Pyraclotrubin (µg/l)	0,1	0,075	*	*	*	*	*	*	*
Metalaxyl (µg/l)	0,1	0,075	0,03	0,02	*	*	*	*	*
Metribuzin-DK	0,1	0,075	*	*	*	*	*	*	*
Metribuzin-DADK	0,1	0,075	*	*	0,11	0,093	0,092	0,089	0,15
Glyfosat/AMPA (µg/l)	0,1	0,075	*	*	*	*	*	*	*
MCPA (µg/l)	0,1	0,075	*	*	*	*	*	*	*
2,4 D (µg/l)	0,1	0,075	*	*	*	*	*	*	*
IN70941, Lavdose (µg/l)	0,1	0,075	0,010	0,013	0,006	0,002	0,006	0,0013	0,0025
INA 4098, Lavdose (µg/l)	0,1	0,075	*	*	*	*	*	*	*
Metsulfuron-methyl, Lavdose (µg/l)	0,1	0,075	*	*	*	*	*	*	*
Sum plantevernmidler	0,5	0,4	0,04	0,03	0,12	0,1	0,1	0,09	0,15

Tabell 26: Analyseresultater for vannprøver fra kildehorisont (KIL) overvåket på Rimstadmoen i 2016, 2017 og 2018. Orange farge viser prøver som overskrider vendepunktetsverdien. Rød farge markerer prøver som overskrider terskelverdien.

Stoffer/Parameter	Terskel verdi	Vende punkt	Rim. KIL 10.08.16	Rim KIL 10.11.16	Rim. KIL 28.06.17	Rim. KIL 14.08.17	Rim. KIL 10.10.17	Rim. KIL 27.06.18	Rim. KIL 11.10.18
Nitrat (mg/l)	50	37,5	15,5	2,9	9,3	8,9	11,1	16,4	5,8
Klorid (mg/l)	200	150	7,7	8,4	9,4	9,3	9,7	9,4	4,5
Sulfat (mg/l)	100	75	36,9	31,9	41,5	39,9	34,2	41,5	29,0
Ammonium (µg N/l)	500	400	18	160	82	<100	53	87	77
Arsen (µg/l)	10	7,5	9,2	4,1	0,23	0,36	3,6	3,1	0,25
Kadmium (µg/l)	5	3,75	0,11	0,07	0,06	0,07	0,07	0,06	0,09
Bly (µg/l)	10	7,5	2,6	3,4	0,26	0,25	4,3	7,9	0,58
Kobber (µg/l)**	15,6	7,8	13	4,4	<0,50	<0,50	4,8	4,5	<0,50
Sink (µg/l)**	60	11	12	8,5	8,0	7,2	12	18	5,7
Jern (µg/l)	-	-	33	3000	64	110	940	1600	320
Mangan (µg/l)	-	-	34	680	83	100	160	160	210
Plantevernmidler									
Propikonazole (µg/l)	0,1	0,075	*	*	*	*	*	*	*
Fenpropimorph (µg/l)	0,1	0,075	0,03	*	*	*	*	*	*
Pyraclostrobin (µg/l)	0,1	0,075	0,01	*	*	*	*	*	*
Metalaxyl (µg/l)	0,1	0,075	*	0,06	*	*	*	*	*
Metribuzin-DK	0,1	0,075	*	0,20	*	*	*	*	*
Metribuzin-DADK	0,1	0,075	*	*	0,060	0,043	0,029	0,036	*
Imazalil	0,1	0,075	*	0,07	*	*	*	*	*
Glyfosat/AMPA (µg/l)	0,1	0,075	*	*	*	*	*	*	*
MCPA (µg/l)	0,1	0,075	*	*	*	*	*	*	*
2,4 D (µg/l)	0,1	0,075	*	*	*	*	*	*	*
IN70941, Lavdose (µg/l)	0,1	0,075	0,007	0,0045	0,004	0,008	0,004	0,001	0,0028
INA 4098, Lavdose (µg/l)	0,1	0,075	0,002	0,0029	0,005	0,008	0,007	0,003	0,0017
Metsulfuron-methyl, Lavdose (µg/l)	0,1	0,075	0,001	*	*	*	*	*	*
Sum plantevernmidler	0,5	0,4	0,05	0,34	0,07	0,02	0,04	0,04	0,00

5.6.6 Oppsummering kartlegging kjemisk tilstand

Vannprøvene fra overvåkingsbrønn og kilde på Rimstadmoen har vist gjenfunn av plantevernmidler eller metabolitter i alle prøver. For brønnen har to av sju prøver vist konsentrasjoner over terskelverdien (0,1 µg/l) mens tre av de resterende prøvene viste konsentrasjoner over vendepunktverdien (0,075 µg/l). I alle tilfellene var det metabolitten metribuzin-DADK til ugrasmidlet metribuzin som ble påvist i forhøyede konsentrasjoner. For kilden ble det påvist konsentrasjoner over terskelverdien for en prøve av metabolitten metribuzin-DK. Det har blitt gjort gjenfunn av lavdosemidler i alle vannprøver fra brønn og kilde. Samlet har det blitt gjort gjenfunn av 10 ulike plantevernmidler og metabolitter.

Grunnvannet har økte nitratkonsentrasjoner som følge av påvirkning av jordbruk, men under terskel- og vendepunktverdi. Årsaken til forhøyede sinkkonsentrasjoner er usikker, og må vurderes nøyere. Innholdet av plantevernmidler, metabolitter og nitrat illustrerer at den kjemiske kvaliteten av grunnvannet på Rimstadmoen er tydelig påvirket av jordbruksdrift.

Middelverdi av konsentrasjonene av metribuzin-DADK i grunnvannsprøvene fra overvåkingsbrønnen i 2018 større enn vannforskriftens terskelverdi tilsier klassifisering av grunnvannet i brønnen på Rimstadmoen til dårlig kjemisk tilstand, men årsmidlene for konsentrasjoner av plantevernmidler i grunnvannsprøvene fra brønnen i 2016 og 2017 og for grunnvannsprøvene fra kilden var lavere enn terskelverdien for dårlig kjemisk tilstand.

Resultatene illustrer at grunnvann i lignende grunnvannsføremster i Lågendalen med lignende belastning fra jordbruksdrift i hvert fall i enkelte år og på enkelte lokaliteter vil kunne risikere å ikke oppfylle kravene til god kjemisk tilstand. Både løsmassenes egenskaper, hydrologi, og arealbruk og belastningsbilde varierer lokalt og regionalt med de usikkerheter dette medfører for representativitet av resultater fra overvåkingslokaliteter i forhold til større områder. Det anbefales at overvåkingen av grunnvannet på Rimstadmoen fortsetter for å følge utviklingen av grunnvanns kjemiske tilstand. Det bør også vurderes om det skal gjennomføres karakterisering og klassifisering av likende grunnvannsføremster med jordbruksaktivitet for å få et bedre statistisk til å kunne vurdere den generelle belastningssituasjonen i dette vannområdet.

6. SAMLET VURDERING AV RESULTATENE FRA KARTLEGGING OG OVERVÅKING AV TYPELOKALITETER

6.1 Urbane typelokaliteter

Siden 2015 er det gjennomført en omfattende kartlegging og overvåking av 8 grunnvannslokaliteter i urbane-/industriområder. Samtlige lokaliteter er i løsmasseakviferer med varierende geologisk oppbygging og forskjeller i hydrogeologiske og klimatiske forhold. Felles for alle lokalitetene er den potensielle belastningen på grunnvannets kjemiske tilstand fra generell urbanisering på lokaliteten og tilhørende tilstrømningsområder. Lokalitetene representerer også hver for seg spesielle belastingssituasjoner fra tidligere og pågående antropogene aktiviteter. Samlet utgjør lokalitetene et utvalg som representerer typiske norske hydrogeologiske forhold.

Kartlegging av grunnvannskjemi har vist at de utvalgte typelokalitetene generelt har god kjemisk tilstand i henhold til terskelverdier gitt i vannforskriften. Det finnes imidlertid også unntak da det ved enkelte lokaliteter er funnet konsentrasjoner av både uorganiske og organiske forbindelser over angitte terskelverdier. Det er samtidig i kartleggingen av typelokalitetene registret forhøyde konsentrasjoner av potensielt miljøskadelige forbindelser i grunnvannet som det ikke er angitt terskelverdier for i vannforskriften.

Til tross for enkelte funn av forhøyde konsentrasjoner av miljøbelastende stoffer i flere av de utvalgte typelokalitetene, viser resultatene fra denne kartleggingen at forurensninger fra urbane og industrielle aktiviteter i liten grad forringes grunnvannets kjemiske tilstand. Dette viser at grunnvann normalt er godt beskyttet mot overflateforurensninger gjennom binding og nedbrytning i umettet sone, samtidig som mye nedbør og stor gjennomstrømning av infiltrert overflatevann vil gi hurtig utskifting og fortykning av grunnvann som blir tilført overflateforurensninger.

6.2 Jordbrukslokaliteter

Overvåkingen av grunnvann i jordbruksområder startet opp i 2015 og har blitt utvidet gjennom 2016 og 2017, slik at det i dag omfatter seks ulike typelokaliteter som representerer mye av regional variasjon i driftsform og klima for norsk jordbruk. Typelokalitetene er lokalisert i løsmasseakviferer definert som viktige grunnvannsforkomster i Vann-Nett. For flere av de kartlagte lokalitetene er grunnvann fortsatt i bruk til lokal drikkevannsforsyning. Samlet representerer typelokalitetene mye av ønsket variasjon i driftsformer og klimaforhold, men det kan være ønskelig å supplere med en lokalitet for frukt og bær under vestlandsforhold.

Gjennomført prøvetaking og kartlegging har vist at grunnvannet er påvirket av jordbruksaktivitet i alle de seks typeområdene. For fire av typeområdene Haslemoen, Rimstadmoen, Horpestad og Grødalen, har i enkelte år midlere konsentrasjoner av enkelte plantevernmidler i grunnvannsprøvene fra enkeltbrønner vært større enn vannforskriftens terskelverdier, og ikke overholdt kravet til god kjemisk tilstand. For de to typeområdene Lærdal og Overhalla der grunnvannsprøvene indikerer god kjemisk tilstand har det også blitt påvist nitrat i konsentrasjoner godt over naturlig bakgrunnsnivå samt gjort gjenfunn av plantevernmidler i lave konsentrasjoner uten at disse overstiger vannforskriftens vendepunkts- eller terskelverdier.

For typelokalitetene i jordbruksområder er grunnvannet klart påvirket av jordbruksaktiviteten, og det er viktig å følge utviklingen som følge av stadige endringer innenfor kjemisk plantevern, kulturer og gjødslingspraksis. Mange av grunnvannsressursene i jordbruksområder er aktivt brukt til lokal drikkevannsforsyning i spredt bebyggelse, og i noen tilfeller også til mindre vannverk. Informasjon fra oppfølgingen kan dermed ha beredskapsmessig betydning med hensyn til lokal vannforsyning. Endringer i grunnvannskvaliteten vil kunne påvirke sårbare økosystemer og resipienter nedstrøms, eksempelvis ved forhøyde og toksiske konsentrasjoner av kobber og sink i tørkeperioder, der vannføringen i fiskeførende småbekker blir grunnvannsdominert. Områdene har vist ulik grunnvannskjemi og påvirkning avhengig av driftsform, klimatiske og hydrogeologiske forhold.

7. ANBEFALINGER TIL VIDERE OVERVÅKNING AV BELASTEDE GRUNNVANNSFOREKOMSTER

Det er første gang det er gjennomført en omfattende kartlegging og overvåking av belastede grunnvannsforekomster i Norge, og mye ny kunnskap er ervervet i løpet av prosjektperioden. I innledende fase av dette kartleggingsprosjektet ble det gjort viktige valg angående utvalg av grunnvannsforekomster som skulle inngå i kartleggingen, samt prøvetetthet, prøvetakingsfrekvens og kjemiske parametere som skulle inngå i analyseprogrammene.

For de urbane typelokalitetene er det et begrenset antall parametere som inngår i analyseprogrammet, men som ut fra dagens kunnskap er analyseprogrammene antatt å reflektere de viktigste miljøbelastningene på grunnvann fra urbane og industrielle aktiviteter. Det pågår imidlertid et kontinuerlig arbeid i EU i regi av vanddirektivet på å kartlegge nye stoffer som har mobilitet, toksisitet og funnfrekvens til å kunne utgjøre en trussel mot drikkevannsressurser og det akvatiske miljø. Denne pågående kartleggingen og kunnskapsinnhentingene vil på sikt lede til utvelgelse av nye stoffer som skal inn på listen over prioriterte stoffer som bør inngå i kartlegging av kjemisk tilstand til grunnvannsforekomstene. Dette vil igjen gjøre det nødvendig å tilpasse vår nasjonale overvåking og analyseprogrammer til disse endringene. Forutsetningene og grunnlaget for å kunne tilpasse grunnvannsovervåkingen til endringer i EUs rammedirektiv for grunnvann er imidlertid gode gjennom utførelse av denne første kartlegging av belastede grunnvannsforekomster i Norge.

Ut fra erfaringer og kunnskap ervervet i dette prosjektet anbefales det at overvåkingen av typelokalitetene forsetter i samme omfang som foregående år, men at det eventuelt gjøres lokale tilpasninger der det er knyttet usikkerhet til fastsettelse av grunnvannsforekomstens kjemiske tilstand eller det har tilkommet ny kunnskap om den lokale belastningssituasjonen. Endringer i analyseprogrammene for samtlige typelokaliteter bør også være basert på krav eller anbefalinger fra EU sentralt. Det anbefales også at Norge bidrar i tidlig kartlegging og overvåking av nye stoffer som kan utgjøre en trussel mot miljøet. Det anbefales også at det ved flere av de utvalgte jordbrukslokalitetene gjennomføres mer utførlig hydrogeologisk kartlegging, og at det etableres flere overvåkingsbrønner per lokalitet for å bedre det hydrogeologiske og statistiske grunnlaget for karakterisering av grunnvannsforekomstene. Det bør også vurderes å kartlegge flere grunnvannsforekomster spesielt i områder med belastning fra jordbruksaktiviteter.

8. REFERANSER

Elverum:

- Bargel, T. G. (1982). Elverum, kvartærgeologisk kart 2016 IV, 1:50 000. Trondheim: Norges geologiske undersøkelse.
- Bargel, T. H. (1983). Elverum. Beskrivelse til kvartærgeologisk kart 2016 IV – M 1:50 000, med fargetrykt kart. Trondheim: Norges geologiske undersøkelse.
- Gaut, A., Klemetsrud, T. og Rohr-Torp, E. (1981) Elverum M 1:50 000. Beskrivelse til vannressurskart "Grunnvann i løsavsetninger". Spesielle rapporter 31. Trondheim: Norges geologiske undersøkelse.
- Haugen, T. (2015). Kartlegging av dybde til fjell i Elverum sentrum og geologisk beskrivelse til videre bruk i 3D-modell. Prosjektoppgave. NTNU.
- Kalskin, R. & Hilmo, B.O. (1999) Kartlegging av potensialet for grunnvarmeuttak fra løsmasser i Elverum. NGU-rapport 99.008. Norges geologiske undersøkelse.
- Seither, A., Dagestad, A., Jæger, Ø., Gundersen P., Minde, Å., Eggen, O., Ganerød, G., Gjengedal, S., Larsen, B. E., Høgaas, F. (2019). Elverum - Kartlegging og overvåking av tydelokaliteter for grunnvann med antropogen belastning. NGU-rapport 2019.018
- Vannmiljødatabasen: <https://vannmiljo.miljodirektoratet.no/>

Gardermoen:

- Longva, O.; Thoresen, M. K. 1989: The age of the Hauerseier delta, Norsk geologisk tidsskrift 69 (2), 131-134
- Østmo, S.R. 1976: Hydrogeologisk kart over øvre romerike; grunnvann i løsmasseavsetninger mellom Jessheim og Hurdalsjøen – M. 1:20.000. Norges geologiske undersøkelse.

Grødal:

- Follestad, B. A. (1987), Sunddalsøra 1420 III – Beskrivelse til kvartærgeologisk kart – M 1:50 000 (med fargetrykt kart). NGU Skrifter 79, Trondheim, Norge.
- Seither, A., Dagestad, A., Jæger, Ø., Roseth, R. (2019). Sunddalsøra og Grødal – Kartlegging og overvåking av tydelokaliteter for grunnvann med antropogen belastning. NGU-rapport 2017.006

Haslemoen, Horpestad, Nedre Eri og Rimstadmoen

- Englund, J. O. and Haldorsen, S. 1986. Profiles of Nitrogen Species in a Sand-Silt Aquifer at Haslemoen, Solør, South Norway. Nordic Hydrology 17: 295-304.
- Haldorsen, S., Jenssen, P. D. and Samuelsen, J. M. 1986. Hydrogeological properties of the fine sand-coarse silt (koppjord) in Solør, Southeastern Norway. Norsk Geologisk Tidsskrift 66: 223-233.
- Haneborg, M. A., 2014. Nedbrytning av utvalgte pesticider i norsk jordsmonn. Masteroppgave NMBU 2014.
- NGU 2007. Nasjonal grunnvannsdatabase – GRANADA. Norges geologiske undersøkelse (NGU).
- Riis, V., 1992. Hydrogeologi og avsetningsmodell av Haslemoen i Solør. Cand. Scient.-oppgave, Institutt for Geologi, Universitetet i Oslo.
- Stokke, J. A., 1987. Kvartærgeologisk kartlegging med oppfølgende sand- og grusundersøkelser i Lærdal, Sogn og Fjordane fylke. Norges geologiske undersøkelse.
- Sørensen, R., Grønlie, G. and Jørgensen, P. 1982. Thickness and layering of the Odbergmoen Late Weichselian and Holocene sediments in Lågendalen, southeastern Norway. Norsk Geologisk Tidsskrift, 72, 7-15.

- Stenrød, M., Lode, O., Källquist, T., Haraldsen, T., Ludvigsen, G. H. og Birkenes, S. 2017. Miljøfarlighetsverdier for plantevernmidler, revidert 2017. www.nibio.no.
- Veileder M608. 2016. Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota. Miljødirektoratet. 24 s.
- Andersen, B. G., Wangen, O. P. og Østmoe, S. R. 1987. Quarternary geology of Jæren and adjacent areas, southern Norway, NGU Bulletin 411, 55 sider.
- Østmo, S. R. og Olsen, K. S. 1986. Stavanger 1212 IV. Kvartærgeologisk kart M 1:50 000. NGU.
- Roseth, R. 2013. Plantevernmidler i grunnvann i jordbruksområder. Resultater fra prøvetaking i 2010 – 2012. Bioforsk Rapport 8(46)2013.
- Roseth, R. 2017. Plantevernmidler i grunnvann. Forprosjekt automatisert overvåking i faste forsøksfelt. NIBIO-Rapport 3 (1)2017.
- Roseth, R., Kværner, J., Rognan, Y., Reinemo, J. og Mæland, T. 2018. Overvåking av grunnvann påvirket av jordbruk. NIBIO-rapport 4(84)2018.
- Soldal, O. og Jæger, Ø. 1992. Grunnvann i Jæren-regionen. NGU-rapport 92.102.
- Tønnesen, J. F. 1999. Geofysiske målinger over deponiområde nord for Frøylandsvatnet i Klepp kommune. NGU-rapport 99.102.
- Sejrup, H. P., Landvik, J. Y., Larsen, E., Janocko, J., Eiriksson, J. and King, E. 1998. The Jæren area, a border zone of the norwegian ice stream. *Quaternary Science Reviews*, Vol. 17, pp. 801-812.
- Jæger, Ø. og Danielsen, E. 1999. Grunnvannsundersøkelser ved Haugsbakken, Lærdal kommune. NGU-rapport 99.029. ISSN 0800-3416.
- Hilmo, B. O. og Tønnesen, J. F. 1997. Grunnvannsundersøkelser i nedre Lærdal, Lærdal kommune. Fagrapport Norges Geologiske Undersøkelse. NGU-Rapport 97.044.
- Seljeset, K. K. og Hove, M. F. 2016. Bacheloroppgave. Geofysisk kartlegging av løsmasser ved Hauge, Lærdal. Geologi og Geofare. GE491. 01.06.2016. Høgskulen i Sogn og Fjordane.

Kongsberg:

- Andreassen, N. 2012. Utvidet miljøteknisk grunnundersøkelse - Norsk Bergverksmuseum. Multiconsult AS
- Bargel, T, H. Lien, R. 1990. M 1: 50 000. Kvartærgeologisk kart Kongsberg 1714-2 med beskrivelse. NGU
- Brønndatabasen Granada: <http://geo.ngu.no/kart/granada/>
- Meteorologisk institutt: <http://eklima.met.no/>
- Kvartærgeologisk kart: <http://geo.ngu.no/kart/losmasse>
- Tomprou, M. O. 2017. Kongsberg - Vestsiden ungdomsskole. Miljøtekniske undersøkelser. Rambøll AS
- Norges Vassdrag- og energidirektorat <http://sildre.nve.no/sildre/>
- Vannforskriften. Forskrift om rammer for vannforvaltningen: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2006-12-15-1446>

Mosjøen:

- Brønndatabasen Granada: <http://geo.ngu.no/kart/granada/>
- Dagestad, A., Seither, A., Jæger, Ø., Tassis G. (2019): Typelokalitet grunnvann Mosjøen - Kartlegging og overvåking av grunnvannsforekomst med antropogen belastning. NGU rapport 2017.009
- Follestad B. 1990 Mosjøen 1826-1 kvartærgeologisk kart NGU

Gilde, T. 1995 : Statsbygg. Helgeland politikammer, Nybygg. Kummeneje oppdrag nr. 10785. 10. juni 1995

Løvlien, P. 1995: Statsbygg. Helgeland politikammer, Nybygg. Supplerende geotekniske vurderinger. Kummenje 1995.

Meteorologisk institutt: <http://eklima.met.no/>

Misund, A. 2007: Nedre Skjerva – Risikovurdering for utlekking fra forurenset grunn, Vefsn kommune. COWI januar 2007.

Skare, J.E. 1994: Skjervgata 41/43, Mosjøen. Miljøtekniske grunnundersøkelser. NOTEBY oppdrag nr. 43524. 11. juli 1994.

Vannforskriften. Forskrift om rammer for vannforvaltningen:<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2006-12-15-1446>

Odda:

Dagestad A., Seither, A., Jæger, Ø., Gundersen P., Minde Å. 2019. NGU Rapport 2019.017, Odda – Kartlegging og overvåking av typelokaliteter for grunnvann med antropogen belastning.

Jaggi, W. 2005. Miljøkartlegging på området til Odda Smelteverk AS. Alex Stewart Environmental Services AS

Jartun, M., Volden, T., Alexander, J. 2006. NGU Rapport 2006.023, Jordforurensning i Odda

Kvartærgeologisk kart: <http://geo.ngu.no/kart/losmasse>

Låg, J. 1974. Jordforurensning fra industri i Odda. - Jordundersøkelsens særtrykk nr. 205, Ny Jord, nr. 61, 3.hefte, 93 – 107

Låg, J., 1975: Innhold av tungmetaller og enkelt andre stoffer i noen prøver av kulturjord og matvekster fra Odda-området. Ny jord, 62, s. 47-59.

Storaas, R. og Skei, J., 1996: Ei miljøhistorie frå Sørfjorden. Vestnorsk Industristadmuseum, 56 s.

Orkanger:

Brønndatabasen Granada: <http://geo.ngu.no/kart/granada/>

Dagestad, A., Seither, A., Jæger, Ø (2019): Orkanger - Kartlegging og overvåking av typelokaliteter for grunnvann med antropogen belastning NGU rapport 2017.004

Fretheim, S. E. & Sæveraas, T.E. 2010: Orkdalshistoria, bind I, fra istid til 1600. Orkdal kommune.

Meteorologisk institutt: <http://eklima.met.no/>

Pedersen H.P., Skjæveland, Y. & Wale A. 2012: Orkdalshistoria, bind III, Fra 1838 til 1920. Orkdal kommune.

Reite, A.J. - 1977. Orkanger. Kvartærgeologisk kart.; Orkanger; 15211; 1:50 000; trykt i farger; NGU Skrifter nr.47

Vannforskriften. 2006. Forskrift om rammer for vannforvaltningen:<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2006-12-15-1446>

Wale A., Forfang Å. & Reiersen, E. 2013: Orkdalshistoria, bind IV, fra 1920 til 2013. Orkdal kommune.

Otta:

Dagestad, A., Dalsegg, E., Heidenstrøm, B., Colleuille H. (2005) Kartlegging av grunnvarmepotensialet fra løsmasser i Otta, Sel kommune. NGU-rapport 2005.048.

Seither, A., Dagestad, A., Jæger, Ø, Gundersen, P. (2019). Otta– Kartlegging og overvåking av typelokaliteter for grunnvann med antropogen belastning. NGU-rapport 2017.008

Overhalla:

Sveian, Harald 2013. Namdalen – Fra steinalders fjord til fruktbar jord. Delkapittel i Årbok for Namdalen 2013

Dagestad, A., Seither, A., Jæger, Ø (2019) Kartlegging og overvåking av typelokaliteter for grunnvann med antropogen belastning NGU rapport 2017.003

Sundalsøra:

Follestad, B. A. (1987), Sundalsøra 1420 III – Beskrivelse til kvartærgeologisk kart – M 1:50 000 (med fargetrykt kart). NGU Skrifter 79, Trondheim, Norge.

Seither, A., Dagestad, A., Jæger, Ø, Roseth, R. (2019). Sundalsøra og Grødal – Kartlegging og overvåking av typelokaliteter for grunnvann med antropogen belastning. NGU-rapport 2017.006

Grunnvann jordbruk (NIBIO) – metoder og analyser

Uttak av vannprøver og måling av grunnvannsstand

Grunnvannsprøvene har blitt tatt ut med 12 volts pumpe (Eijkelkamp 121206) med teflonslange. Grunnvannsprøvene har blitt tatt ut ved å senke pumpen til et nivå 0,5 – 1 m under grunnvannsstand i overvåkingsbrønnen. Normalt har det blitt pumpet i 1- 3 minutter før vannprøvene har blitt tatt ut. Ved prøvetaking av den enkelte overvåkingsbrønn eller kilde har det blitt tatt ut til sammen 6 l prøve, fordelt på tre glassflasker og tre plastflasker (figur 1). Prøvene har blitt oppbevart kjølig og levert til laboratoriet samme dag eller dagen etter prøvetaking.

Grunnvannstand har blitt målt ved hvert feltbesøk, ved bruk av elektronisk klukkelodd (SEBA Hydrometrie KLL-mini eller lignende).

Overvåkingsbrønnene på Haslemoen, Horpestad samt kildehorisont for overvåking på Rimstadmoen har hatt automatiske målinger av vannkvalitet og grunnvannshøyde. Vannhøyde, oksygen, redoks, ledningsevne, vanntemperatur og pH har blitt målt med 30 minuts intervaller, og data har blitt overført via mobilnettet til en nettbasert database for presentasjon og nedlastning av data. Denne aktiviteten er utført med finansiering fra «Handlingsplan for bærekraftig bruk av plantevernmidler 2016-2020», med egen rapportering.



Figur 1. Pumping av grunnvann for prøvetaking på Haslemoen og kjølebag med innsamlede prøver.

Analyser

Næringsstoffer, metaller, kationer, anioner og organiske miljøgifter har blitt analysert av Eurofins Norge, etter akkrediterte metoder som framgår av vedlegg I. Følgende parametere har blitt analysert: Tot. N, nitrat, nitritt, ammonium, Tot. P, ortofosfat, pH, konduktivitet, alkalitet, klorid, sulfat, bikarbonat og flyktige organiske komponenter (Triklormetan, Benzen, 1,2 Dikloretan, 1,1,2 Trikloretan, Bromtriklormetan, Tetrakloretan, Dibromklormetan, Tribrommetan, Sum THM og Sum TRI/PER). Metaller har blitt analysert på total og oppsluttet prøve: Pb, Cu, Zn, Cr, Ni, As, Hg, Fe, Mn, K, Ca, Mg, Na og Si.

Plantevernmidlene og metabolitter har blitt analysert av NIBIO, Avdeling for pesticider og naturstoffkjemi. Anvendte metoder var M15 (polare ugrasmidler), M101 (multimetode plantevernmidler), glyfosat/AMPA, metribuzin med tre metabolitter og lavdosemidler (6 ugrasmidler og 5 metabolitter). Metodene tilsammen dekker rundt 160 ulike plantevernmidler og metabolitter.



Protokoll for prøvetaking og feltmålinger for overvåkning av grunnvannskjemi ved NGU

Denne protokollen dokumenterer forarbeid, gjennomføring og etterarbeid av feltarbeid til de to NGU-prosjektene:

325800 Landsomfattende mark- og grunnvannsnett (LGN) som startet i 1977
366500 Kartlegging og overvåkning av typeforekomster for grunnvann som startet i 2015.

Protokollen bygger i hovedsak på:

Banks, D. & Midtgård, Aa. K. (1998) Vannprøvetaking. Dokumentering av feltrutiner. Dokument 4.3.1. Faggruppe for geokjemi og hydrogeologi, NGU.

Bjørn Frengstad og Øystein Jæger 2011 (Bearbeiding av Banks et al til ny protokoll):
"Landsomfattende mark og grunnvannsnett. Protokoll for prøvetaking og feltmålinger". feltmålinger". Grunnvannslaget, NGU.

Om versjon 1.6: Revisjon oppdaterer protokollen ift:

1. Navneendring av protokollen (men versjonsnummerering videreføres)
2. Inkludering av rutiner for Prosjekt 366500 Kartlegging og overvåkning av typeforekomster for grunnvann (tidligere ble den bruk kun til 325800-LGN)
3. Nye rutiner ift overgang til eksternt lab (bestilling av merkede flasker samt forsendelse av prøver inkl bestilling av analyser med prøvelister).
4. Beskrivelse av endringer i portefølje av analyseparametere.
5. Generell oppdatering av protokoll med dagens rutiner og bruk av utstyrspark.

Innhold

1	<i>Forberedelser til feltarbeid</i>	3
2	<i>Dokumentasjon av vannprøvetaking</i>	3
3	<i>Rensing av brønnen</i>	3
3.1	Løsmassebrønner	3
3.2	Fjellbrønner	3
3.3	Kilder	4
4	<i>Prøvetakingsprosedyrer og analyseparametere</i>	4
4.1	Flasker og prøveparameter	4
4.2	Rensing av utstyret	4
4.3	Prøvetaking	5
4.4	Filtrering	5
4.5	Konservering	5
5	<i>Feltmålinger</i>	6
5.1	Temperatur	6
5.2	pH	6
5.3	Alkalitet	7
5.4	Ledningsevne	7
5.5	Oksygeninnhold	7
6	<i>Lagring og pakking av prøver</i>	7

1 Forberedelser til feltarbeid

I god tid før oppstart av feltarbeidet bestilles egnede flasker og emballasje fra analyselaboratoriene som skal benyttes. Nåværende prosedyrer beskrives under kapittel 7. Instrumenter som skal benyttes under feltmålinger testes og kalibreres i henhold til brukermanualen til de ulike instrumentene.

Det finnes en intern pakkelistepakkelliste for feltarbeid som må gjennomgås i god tid slik at man rekker både etterfylling av forbruksmateriell, sjekk av måleutstyr og selve pakkingen av utstyr og bil. Egned bil leies inn for før prøvetakingsrunder og avhengig av årstid må det vurderes om det skal bestilles med vinterdekk på leiebilen.

2 Dokumentasjon av vannprøvetaking

Informasjon om prøvetakingspunkt og feltmålinger dokumenteres i standard feltskjema for LGN (vedlegg 4). Følgende ekstra informasjonen er viktig..

- prøvens utseende (farge, turbiditet)
- prøvens lukt (om det kan merkes)
- avvik fra vanlig filtertype (0.45 μm) eller avvik i antall forbrukte filter
- oppbevaringstemperatur (f.eks. transport i kjølebag)
- avvik fra prøveprotokollen (inkludert problemer undervegs, utstyr som ikke fungerte)

Prøveliste med unikt NGU prøvenummer og prøvetakingsdato for alle prøver skal alltid følge prøvene til laboratoriet (se kapittel 6 og 7).

3 Rensing av brønnen

Vann som har stått lenge i kontakt med brønnrør eller foringsrør kan inneholde kjemiske stoffer som er oppløst fra brønnkonstruksjonen. Dertil vil stående brønnvannet kunne inneholde mer oksygen (med fare for utfellinger) enn det grunnvann man skal ta representativ prøve fra. Brønnen skal derfor pumpes en tid før prøvetaking slik at vannet renner klart og man har skiftet ut alt brønnvann. Det har vært praksis å pumpe ut minst tre brønnvolumer (minimum 15 minutter) før det tas ut vannprøver til analyse. Så lang mulig søker en å oppnå stabil temperatur, elektrisk ledningsevne og helst også O₂-innhold. Dette indikerer at det utpumpete vannet er representativt for grunnvannet.

3.1 Løsmassebrønner

Det brukes vanligvis en sugepumpe med slange som føres ned i prøvetakingsbrønnen. Slangen kan tapes fast over brønnrøret for å få bedre sug. I brønner med liten kapasitet eller brønner med stor sugehøyde brukes i stedet en liten 12 V elektrisk senkepumpe med turtallsregulator. Turtallet reguleres slik at pumpa ikke trekker luft eller trekker inn sedimenter i brønnen.

3.2 Fjellbrønner

Det brukes en turtallsstyrt senkepumpe med 60 meter slange. Ideelt skal vannivået i brønnen senkes til like over pumpen og turtallet på pumpa reguleres slik at senkningshøyden er stasjonær. I praksis er kapasitet i brønnene vanligvis så stor at nåværende pumpe stilles på styrke 300 som gir maksimalt pumpekapasitet (~14-17 L/min).

3.3 Kilder

Ved prøvetaking av kilder er det ikke behov for å vente før man tar prøven. Prøven bør tas så nært utstrømningspunktet som mulig. Ved lav vannføring kan det være hensiktsmessig å bruke et PEH-rør for å konsentrere vannstrømmen. Man bør passe på å:

- i. ikke trekke inn sediment eller vegetasjon i prøven
- ii. prøveta fortrinnsvis hurtigstrømmende vann
- iii. ikke stå oppstrøms prøvetakingsstedet slik at bunnsediment forstyrres

4 Prøvetakingsprosedyrer og analyseparametere

4.1 Flasker og prøveparameter

Det tas prøver til følgende parametereparametere til alle LGN-prøver og Typeforekomst-prøver:

Kationer; Al As B Ba Bi Ca Cd Co Cr Cs Cu Fe Hg K Li Mg Mn Mo
Na Ni P Pb Sb Se Si Sr Ti U V Zn

Anioner; F, Cl, NO₂, Br, NO₃, PO₄, SO₄

Fysikalske parametere; pH, total alkalitet, elektrisk ledningsevne, fargetall, turbiditet

Prøvene tas i tilsendte flaskesett som er kvalitetssikret av det laboratoriet som skal benyttes til analysene.

For typeforekomst-prosjektet benyttes i tillegg et antall (i hovedsak) organiske analyseparametere, som er ulike for de ulike prøvene.

Mindre justeringer i analyseparametere vil komme som følge av skifte av analyseleverandør og leverandørens oppdateringer av analysepakkene. NGU vil også fortløpende etter faglige eller økonomiske vurderinger fjerne eller legge til parametere.

4.2 Rensing av utstyret

Prøvetaking gjøres direkte i laboratorienes tilsendte flasker, etter at de er ristet og skylt tre ganger (med lokket på) med det vannet som skal prøvetas.

Prøver til kationanalyser prøvetas vanligvis først i halvliters polyetylenflasker, som skylles minimum tre ganger før bruk. Prøver filtreres vha. 0.45 µm disk-filtre, sammen med en polyeten sprøyte.

Filtrene er engangsfiltre, men sprøyten kan brukes om igjen. Før man begynner med prøvetakingen skylles sprøyten grundig utvendig, pluss tre ganger innvendig med vannet som skal prøvetas. Når nytt filter tas i bruk ved ny prøve, eller når filter har gått tett under filtrering, må det skylles gjennom med minimum 20 ml før fylling av prøveflasken. Flasker for filtrert prøve skylles tre ganger med filtrert vannprøve før prøvetaking.

4.3 Prøvetaking

For bensindrevne pumper skal en plate settes foran eksosrør og lede eksos unna vannuttaket for pumpen (for å hindre kontaminering av prøven). Alternativt kan det kobles til en plastslange som gjør at vannet kan prøvetas noen meter fra selve pumpen. For de andre pumpene tas vannprøve med kortest mulig avstand til uttaket fra pumpen.

Prøveflaskene fylles helt opp og lukkes med kork, med unntak av eventuelle glassflasker som (hvis laboratoriet anbefaler dette) kan ha en liten luftlomme helt øverst i flasken for å forhindre knusing under transport.

Det brukes engangs plasthansker under prøvetaking, og hendene skal ikke komme i kontakt med spissen på filteret, sprøyten eller innsiden av flaske/kork. Vann må ikke få sprute mot hendene under prøvetaking. Hånd og person holdes lengst mulig *vekk fra* og *under* åpen prøveflaske og fyllingsaktivitet, og *aldri* rett over. Spesielt om det regner. I rennende kilder holdes alltid åpning av prøveflaske opp mot strømmen under prøvetaking.

Flaskene lukkes med kork og merkes F (filtrert).

4.4 Filtrering

Prøver som skal analyseres for metaller og kationer (inkl. eventuell egen flaske for Hg) skal filtreres gjennom et membranfilter med porestørrelse 0,45 µm for å fjerne partikulært stoff.

Det første vannet som passerer filteret skal ikke tas med i prøveflasken. Filtrering må utføres før konservering med syre (som skjer på laboratoriet etter innlevering av prøven). Dersom filtrering er vanskelig, kan det være nok med 10-20 ml prøve for ICP-AES/ICP-MS analyse. Dersom filtrering ikke er mulig, skal ikke prøven konserveres med syre (med mindre man kan begynne at prøven ikke inneholder partikulært stoff).

Ved filtrering finnes det flere feilkilder en bør kontrollere:

- filteret kan lekke ut stoff
- adsorpsjon og ionebytte kan skje i filteret
- gjentetting av filteret under filtreringen kan forandre filterets egenskaper (f. eks. filterstørrelse)

Filtere er forbruksvarer. Det er akseptabel praksis å benytte ett filter for filterting av alle prøver fra et prøvetakingspunkt. Et nytt filter skal alltid benyttes for hvert nytt prøvetakingspunkt eller prøvetakingsdyp. I tilfeller med høy turbiditet i vannet klogger filteret svært raskt og må byttes ut og gjennomskylles (minimum 20 ml) før prøvetakingen fortsetter.

4.5 Konservering

Fra en vannprøve blir tatt og inntil den analyseres (transport og lagring) kan prøvens kjemiske sammensetning ha blitt forandret. Dette kan delvis forhindres ved å konservere prøven.

Årsakene til forandringene kan skyldes:

- utfelling
- adsorpsjon på prøveflaskens vegger

- adsorpsjon på partikulært materiale i prøven
- biologisk påvirkning

Surgjøring av kationprøver bør optimalt sett foregå raskest mulig (i felt) etter prøvetaking, men har de senere årene av praktiske årsaker blitt gjort *etter* innlevering på laboratoriet. Laboratoriet får instruksjon gjennom bestillingsskjema om *ikke* å analysere prøvene før det er gått minimum 24 timer etter surgjøringen slik at evt. utfelte/ adsorberte metaller blir tatt opp i løsning på nytt. Det brukes konsentrert HNO_3 til konservering av kationprøvene og gjennom surgjøringen bør pH-verdien senkes til <2 . Som tommelfingerregel tilsettes 5 dråper syre til 50 ml vannprøve. kan deler av

Prøven til ammoniumanalyse konserveres med 40 μl konsentrert svovelsyre (pr 100 ml prøve) så snart som mulig etter prøvetaking. Syren doseres med hjelp av en pipette med engangs pipettespiss. Fra 2018 ble (etter avtale med analyseleverandør) også disse prøvene surgjort etter ankomst lab. Det er ikke er lov å transportere konsentrert syre med fly i Norge uten etter svært strenge regler. Det er ikke er lov å transportere konsentrert syre med fly i Norge uten etter svært strenge regler.

5 Feltnmålinger

Det stilles samme krav til pumptid av brønnen før *feltnmålinger* som før *prøvetaking* (omtalt i kapittel3) Før man tar en endelig avlesning bør vannet minimum ha en stabil temperatur. Måleinstrumentene bør vise stabile verdier før måleverdi avleses, selv om dette ikke vil være mulig i tilfeller hvor man har store naturlige variasjoner i grunnvannsmagasinet. Vann med lavt O_2 -innhold er også utfordrende. Vann fra pumpe bør i slike tilfeller ledes mest mulig direkte inn mot målesensoren på O_2 -elektroden slik at ikke luft får blandet seg inn før måling.

Det måles vanntemperatur, pH, alkalitet, ledningsevne og oksygeninnhold. I tillegg måles totalt brønnndyp, foringsrørets høyde over bakken og vannstand under bakken (se feltskjema).

5.1 Temperatur

Vanntemperatur skal måles i felt. Dette gjøres med termofølsom elektrode (installert på de fleste ledningsevne målere). Lufttemperatur måles med håndholdt termometer eller bilens temperaturmåler.

5.2 pH

pH måles med elektronisk pH-meter som må kalibreres i felt. For kalibrering av pH-metere brukes $\text{pH} = 4$ og $\text{pH} = 7$ for sure vannprøver, eller $\text{pH} = 7$ og $\text{pH} = 10$ for alkaliske vannprøver. Det brukes ferdiglagede bufferløsninger fra leverandør. Kalibrering mot bufferløsninger bør gjøres i begynnelsen av hver feltdag eller etter det intervall som produsent anbefaler.

Ved rapportering av pH-målinger, oppgis alltid vanntemperatur. pH- og temperatur-elektrodenes skylles med destillert/avionisert vann mellom hver ny prøve eller løsning

Måling av pH og temperatur bør fortrinnsvis foregå i svakt strømmende vann. Måling kan gjøres direkte i en bøtte som mottar rennende vann fra pumpen, eller det kan brukes en egen flaske til formålet. Ved måling i kilder kan målingen foregå direkte i kildeutspringet.

5.3 Alkalitet

Alkalitet måles i felt ved titrering med syre. Alkaliteten defineres som den mengden syre (i meq/l) som må tilsettes for å senke pH til en bestemt verdi. Følgende parametere *kan* måles, men av disse er bare t-alkalitet realistisk målbart i norske LGN grunnvannsprøver..

- t-alkalitet - titrering til pH = 4.3 (blandet indikator - metylgul-basert). Dette er et grovt mål på bikarbonat pluss karbonat ($\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$).
- p-alkalitet ved titrering til pH = 8.2 (fenolphthalein indikator). Dette er et grovt mål på karbonationer i løsningen (CO_3^{2-}).

Det er praksis å ta duplikatmålinger av alkalitet på vannprøven. Gjennomsnittet av målingene benyttes. Dersom man måler alkalitet på meget ionefattig vann brukes en fortynt syreløsning ved titreringen (se bruksanvisning).

5.4 Ledningsevne

Ledningsevne måles på samme måte som pH, men det stilles ikke samme krav til feltkalibrering av utstyret. Vedlikehold/test av ledningsevneelektroden skal foretas før feltsesongen, som angitt av produsent.

5.5 Oksygeninnhold

Oksygeninnholdet i vannet endres når vannet kommer i kontakt med luft. Det er derfor viktig å måle oksygenmetningen i felt straks det er pumpet opp fra brønnen eller strømmer ut av kilden.

Oksygeninnhold måles i mg/l med elektronisk O_2 - meter som må kalibreres i henhold til bruksanvisning. Kalibreringen foretas mot vannmettet luft i et kalibreringskammer.

Når det skal måles oksygenmetning i vann som er pumpet opp fra brønner i fjell eller løsmasser ledes vannet til en målebøtte via en plastslange med utløpet nedsenket i vann for å unngå at luft blandes i vannet før måling.

Ved målinger av oksygeninnhold i vann fra brønner er det viktig å avpasse pumperaten slik at det ikke trekkes luft gjennom pumpa eller brønnfilteret.

6 Lagring og pakking av prøver

Vannprøvene bør holdes kjølig i felt inntil forsendelse til lab. Dette kan oppnås ved:

- å lagre dem i kjøleskapet
- å lagre dem i en kjølebag
- å lagre dem utendørs (hvis det er kaldt)

Prøvene må ikke fryse da frysing kan medføre sprengning av emballasjen og endringer i

grunnvannskjemi. Forsøk på laboratoriet har påvist at frysing blant annet kan medføre at Si og Fe kan forsvinne fra løsning (f.eks. felles ut), selv fra surgjorte løsninger.

Vannprøvene pakkes før forsendelse i esker sammen med bestillingsskjema for analyser (neste kapittel). Glassflaske og kation-flaske pakkes i eget lag bobleplast før eskene tapes godt igjen.

Forsendelse av prøver bør skje innen to, senest tre, dager etter prøvetakingen, og foretas følgelig i de fleste tilfeller allerede under feltarbeid. Forsendelser sendt før helg bør planlegges slik at de ankommer med kortest mulig tid lagret hos transportselskap før de ankommer lab.



Protokoll for prøvetaking og feltmålinger for overvåkning av grunnvannskjemi ved NGU

Denne protokollen dokumenterer forarbeid, gjennomføring og etterarbeid av feltarbeid til de to NGU-prosjektene:

325800 Landsomfattende mark- og grunnvannsnett (LGN) som startet i 1977
366500 Kartlegging og overvåkning av typeforekomster for grunnvann som startet i 2015.

Protokollen bygger i hovedsak på:

Banks, D. & Midtgård, Aa. K. (1998) Vannprøvetaking. Dokumentering av feltrutiner. Dokument 4.3.1. Faggruppe for geokjemi og hydrogeologi, NGU.

Bjørn Frengstad og Øystein Jæger 2011 (Bearbeiding av Banks et al til ny protokoll):
"Landsomfattende mark og grunnvannsnett. Protokoll for prøvetaking og feltmålinger". feltmålinger". Grunnvannslaget, NGU.

Om versjon 1.6: Revisjon oppdaterer protokollen ift:

1. Navneendring av protokollen (men versjonsnummerering videreføres)
2. Inkludering av rutiner for Prosjekt 366500 Kartlegging og overvåkning av typeforekomster for grunnvann (tidligere ble den bruk kun til 325800-LGN)
3. Nye rutiner ift overgang til eksternt lab (bestilling av merkede flasker samt forsendelse av prøver inkl bestilling av analyser med prøvelister).
4. Beskrivelse av endringer i portefølje av analyseparametere.
5. Generell oppdatering av protokoll med dagens rutiner og bruk av utstyrspark.

Innhold

1	<i>Forberedelser til feltarbeid</i>	3
2	<i>Dokumentasjon av vannprøvetaking</i>	3
3	<i>Rensing av brønnen</i>	3
3.1	Løsmassebrønner	3
3.2	Fjellbrønner	3
3.3	Kilder	4
4	<i>Prøvetakingsprosedyrer og analyseparametere</i>	4
4.1	Flasker og prøveparameter	4
4.2	Rensing av utstyret	4
4.3	Prøvetaking	5
4.4	Filtrering	5
4.5	Konservering	5
5	<i>Feltmålinger</i>	6
5.1	Temperatur	6
5.2	pH	6
5.3	Alkalitet	7
5.4	Ledningsevne	7
5.5	Oksygeninnhold	7
6	<i>Lagring og pakking av prøver</i>	7

1 Forberedelser til feltarbeid

I god tid før oppstart av feltarbeidet bestilles egnede flasker og emballasje fra analyselaboratoriene som skal benyttes. Nåværende prosedyrer beskrives under kapittel 7. Instrumenter som skal benyttes under feltmålinger testes og kalibreres i henhold til brukermanualen til de ulike instrumentene.

Det finnes en intern pakkelistepakkelliste for feltarbeid som må gjennomgås i god tid slik at man rekker både etterfylling av forbruksmateriell, sjekk av måleutstyr og selve pakkingen av utstyr og bil. Egned bil leies inn for før prøvetakingsrunder og avhengig av årstid må det vurderes om det skal bestilles med vinterdekk på leiebilen.

2 Dokumentasjon av vannprøvetaking

Informasjon om prøvetakingspunkt og feltmålinger dokumenteres i standard feltskjema for LGN (vedlegg 4). Følgende ekstra informasjonen er viktig..

- prøvens utseende (farge, turbiditet)
- prøvens lukt (om det kan merkes)
- avvik fra vanlig filtertype (0.45 μm) eller avvik i antall forbrukte filter
- oppbevaringstemperatur (f.eks. transport i kjølebag)
- avvik fra prøveprotokollen (inkludert problemer undervegs, utstyr som ikke fungerte)

Prøveliste med unikt NGU prøvenummer og prøvetakingsdato for alle prøver skal alltid følge prøvene til laboratoriet (se kapittel 6 og 7).

3 Rensing av brønnen

Vann som har stått lenge i kontakt med brønnrør eller foringsrør kan inneholde kjemiske stoffer som er oppløst fra brønnkonstruksjonen. Dertil vil stående brønnvannet kunne inneholde mer oksygen (med fare for utfellinger) enn det grunnvann man skal ta representativ prøve fra. Brønnen skal derfor pumpes en tid før prøvetaking slik at vannet renner klart og man har skiftet ut alt brønnvann. Det har vært praksis å pumpe ut minst tre brønnvolumer (minimum 15 minutter) før det tas ut vannprøver til analyse. Så lang mulig søker en å oppnå stabil temperatur, elektrisk ledningsevne og helst også O_2 -innhold. Dette indikerer at det utpumpete vannet er representativt for grunnvannet.

3.1 Løsmassebrønner

Det brukes vanligvis en sugepumpe med slange som føres ned i prøvetakingsbrønnen. Slangen kan tapes fast over brønnrøret for å få bedre sug. I brønner med liten kapasitet eller brønner med stor sugehøyde brukes i stedet en liten 12 V elektrisk senkepumpe med turtallsregulator. Turtallet reguleres slik at pumpa ikke trekker luft eller trekker inn sedimenter i brønnen.

3.2 Fjellbrønner

Det brukes en turtallsstyrt senkepumpe med 60 meter slange. Ideelt skal vannivået i brønnen senkes til like over pumpen og turtallet på pumpa reguleres slik at senkningshøyden er stasjonær. I praksis er kapasitet i brønnene vanligvis så stor at nåværende pumpe stilles på styrke 300 som gir maksimalt pumpekapasitet (~14-17 L/min).

3.3 Kilder

Ved prøvetaking av kilder er det ikke behov for å vente før man tar prøven. Prøven bør tas så nært utstrømningspunktet som mulig. Ved lav vannføring kan det være hensiktsmessig å bruke et PEH-rør for å konsentrere vannstrømmen. Man bør passe på å:

- i. ikke trekke inn sediment eller vegetasjon i prøven
- ii. prøveta fortrinnsvis hurtigstrømmende vann
- iii. ikke stå oppstrøms prøvetakingsstedet slik at bunnsediment forstyrres

4 Prøvetakingsprosedyrer og analyseparametere

4.1 Flasker og prøveparameter

Det tas prøver til følgende parameterparametere til alle LGN-prøver og Typeforekomst-prøver:

Kationer; Al As B Ba Bi Ca Cd Co Cr Cs Cu Fe Hg K Li Mg Mn Mo
Na Ni P Pb Sb Se Si Sr Ti U V Zn

Anioner; F, Cl, NO₂, Br, NO₃, PO₄, SO₄

Fysikalske parametere; pH, total alkalitet, elektrisk ledningsevne, fargetall, turbiditet

Prøvene tas i tilsendte flaskesett som er kvalitetssikret av det laboratoriet som skal benyttes til analysene.

For typeforekomst-prosjektet benyttes i tillegg et antall (i hovedsak) organiske analyseparametere, som er ulike for de ulike prøvene.

Mindre justeringer i analyseparametere vil komme som følge av skifte av analyseleverandør og leverandørenes oppdateringer av analysepakkene. NGU vil også fortløpende etter faglige eller økonomiske vurderinger fjerne eller legge til parametere.

4.2 Rensing av utstyret

Prøvetaking gjøres direkte i laboratorienes tilsendte flasker, etter at de er ristet og skylt tre ganger (med lokket på) med det vannet som skal prøvetas.

Prøver til kationanalyser prøvetas vanligvis først i halvliters polyetylenflasker, som skylles minimum tre ganger før bruk. Prøver filtreres vha. 0.45 µm disk-filtre, sammen med en polyeten sprøyte.

Filtrene er engangsfiltre, men sprøyten kan brukes om igjen. Før man begynner med prøvetakingen skylles sprøyten grundig utvendig, pluss tre ganger innvendig med vannet som skal prøvetas. Når nytt filter tas i bruk ved ny prøve, eller når filter har gått tett under filtrering, må det skylles gjennom med minimum 20 ml før fylling av prøveflasken. Flasker for filtrert prøve skylles tre ganger med filtrert vannprøve før prøvetaking.

4.3 Prøvetaking

For bensindrevne pumper skal en plate settes foran eksosrør og lede eksos unna vannuttaket for pumpen (for å hindre kontaminering av prøven). Alternativt kan det kobles til en plastslange som gjør at vannet kan prøvetas noen meter fra selve pumpen. For de andre pumpene tas vannprøve med kortest mulig avstand til uttaket fra pumpen.

Prøveflaskene fylles helt opp og lukkes med kork, med unntak av eventuelle glassflasker som (hvis laboratoriet anbefaler dette) kan ha en liten luftlomme helt øverst i flasken for å forhindre knusing under transport.

Det brukes engangs plasthansker under prøvetaking, og hendene skal ikke komme i kontakt med spissen på filteret, sprøyten eller innsiden av flaske/kork. Vann må ikke få sprute mot hendene under prøvetaking. Hånd og person holdes lengst mulig *vekk fra* og *under* åpen prøveflaske og fyllingsaktivitet, og *aldri* rett over. Spesielt om det regner. I rennende kilder holdes alltid åpning av prøveflaske opp mot strømmen under prøvetaking.

Flaskene lukkes med kork og merkes F (filtrert).

4.4 Filtrering

Prøver som skal analyseres for metaller og kationer (inkl. eventuell egen flaske for Hg) skal filtreres gjennom et membranfilter med porestørrelse 0,45 µm for å fjerne partikulært stoff.

Det første vannet som passerer filteret skal ikke tas med i prøveflasken. Filtrering må utføres før konservering med syre (som skjer på laboratoriet etter innlevering av prøven). Dersom filtrering er vanskelig, kan det være nok med 10-20 ml prøve for ICP-AES/ICP-MS analyse. Dersom filtrering ikke er mulig, skal ikke prøven konserveres med syre (med mindre man kan begynne at prøven ikke inneholder partikulært stoff).

Ved filtrering finnes det flere feilkilder en bør kontrollere:

- filteret kan lekke ut stoff
- adsorpsjon og ionebytte kan skje i filteret
- gjentetting av filteret under filtreringen kan forandre filterets egenskaper (f. eks. filterstørrelse)

Filtere er forbruksvarer. Det er akseptabel praksis å benytte ett filter for filterting av alle prøver fra et prøvetakingspunkt. Et nytt filter skal alltid benyttes for hvert nytt prøvetakingspunkt eller prøvetakingsdyp. I tilfeller med høy turbiditet i vannet klogger filteret svært raskt og må byttes ut og gjennomskylles (minimum 20 ml) før prøvetakingen fortsetter.

4.5 Konservering

Fra en vannprøve blir tatt og inntil den analyseres (transport og lagring) kan prøvens kjemiske sammensetning ha blitt forandret. Dette kan delvis forhindres ved å konservere prøven.

Årsakene til forandringene kan skyldes:

- utfelling
- adsorpsjon på prøveflaskens vegger

- adsorpsjon på partikulært materiale i prøven
- biologisk påvirkning

Surgjøring av kationprøver bør optimalt sett foregå raskest mulig (i felt) etter prøvetaking, men har de senere årene av praktiske årsaker blitt gjort *etter* innlevering på laboratoriet. Laboratoriet får instruksjon gjennom bestillingsskjema om *ikke* å analysere prøvene før det er gått minimum 24 timer etter surgjøringen slik at evt. utfelte/ adsorberte metaller blir tatt opp i løsning på nytt. Det brukes konsentrert HNO_3 til konservering av kationprøvene og gjennom surgjøringen bør pH-verdien senkes til <2 . Som tommelfingerregel tilsettes 5 dråper syre til 50 ml vannprøve. kan deler av

Prøven til ammoniumanalyse konserveres med 40 μl konsentrert svovelsyre (pr 100 ml prøve) så snart som mulig etter prøvetaking. Syren doseres med hjelp av en pipette med engangs pipettespiss. Fra 2018 ble (etter avtale med analyseleverandør) også disse prøvene surgjort etter ankomst lab. Det er ikke er lov å transportere konsentrert syre med fly i Norge uten etter svært strenge regler. Det er ikke er lov å transportere konsentrert syre med fly i Norge uten etter svært strenge regler.

5 Feltnmålinger

Det stilles samme krav til pumptid av brønnen før *feltnmålinger* som før *prøvetaking* (omtalt i kapittel3) Før man tar en endelig avlesning bør vannet minimum ha en stabil temperatur. Måleinstrumentene bør vise stabile verdier før måleverdi avleses, selv om dette ikke vil være mulig i tilfeller hvor man har store naturlige variasjoner i grunnvannsmagasinet. Vann med lavt O_2 -innhold er også utfordrende. Vann fra pumpe bør i slike tilfeller ledes mest mulig direkte inn mot målesensoren på O_2 -elektroden slik at ikke luft får blandet seg inn før måling.

Det måles vanntemperatur, pH, alkalitet, ledningsevne og oksygeninnhold. I tillegg måles totalt brønndyp, foringsrørets høyde over bakken og vannstand under bakken (se feltskjema).

5.1 Temperatur

Vanntemperatur skal måles i felt. Dette gjøres med termofølsom elektrode (installert på de fleste ledningsevne målere). Lufttemperatur måles med håndholdt termometer eller bilens temperaturmåler.

5.2 pH

pH måles med elektronisk pH-meter som må kalibreres i felt. For kalibrering av pH-metere brukes $\text{pH} = 4$ og $\text{pH} = 7$ for sure vannprøver, eller $\text{pH} = 7$ og $\text{pH} = 10$ for alkaliske vannprøver. Det brukes ferdiglagede bufferløsninger fra leverandør. Kalibrering mot bufferløsninger bør gjøres i begynnelsen av hver feltdag eller etter det intervall som produsent anbefaler.

Ved rapportering av pH-målinger, oppgis alltid vanntemperatur. pH- og temperatur-elektrodenes skylles med destillert/avionisert vann mellom hver ny prøve eller løsning

Måling av pH og temperatur bør fortrinnsvis foregå i svakt strømmende vann. Måling kan gjøres direkte i en bøtte som mottar rennende vann fra pumpen, eller det kan brukes en egen flaske til formålet. Ved måling i kilder kan målingen foregå direkte i kildeutspringet.

5.3 Alkalitet

Alkalitet måles i felt ved titrering med syre. Alkaliteten defineres som den mengden syre (i meq/l) som må tilsettes for å senke pH til en bestemt verdi. Følgende parametere *kan* måles, men av disse er bare t-alkalitet realistisk målbart i norske LGN grunnvannsprøver..

- t-alkalitet - titrering til pH = 4.3 (blandet indikator - metylgul-basert). Dette er et grovt mål på bikarbonat pluss karbonat ($\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^-$).
- p-alkalitet ved titrering til pH = 8.2 (fenolphthalein indikator). Dette er et grovt mål på karbonationer i løsningen (CO_3^{2-}).

Det er praksis å ta duplikatmålinger av alkalitet på vannprøven. Gjennomsnittet av målingene benyttes. Dersom man måler alkalitet på meget ionefattig vann brukes en fortynt syreløsning ved titreringen (se bruksanvisning).

5.4 Ledningsevne

Ledningsevne måles på samme måte som pH, men det stilles ikke samme krav til feltkalibrering av utstyret. Vedlikehold/test av ledningsevneelektroden skal foretas før feltsesongen, som angitt av produsent.

5.5 Oksygeninnhold

Oksygeninnholdet i vannet endres når vannet kommer i kontakt med luft. Det er derfor viktig å måle oksygenmetningen i felt straks det er pumpet opp fra brønnen eller strømmer ut av kilden.

Oksygeninnhold måles i mg/l med elektronisk O_2 - meter som må kalibreres i henhold til bruksanvisning. Kalibreringen foretas mot vannmettet luft i et kalibreringskammer.

Når det skal måles oksygenmetning i vann som er pumpet opp fra brønner i fjell eller løsmasser ledes vannet til en målebøtte via en plastslange med utløpet nedsenket i vann for å unngå at luft blandes i vannet før måling.

Ved målinger av oksygeninnhold i vann fra brønner er det viktig å avpasse pumperaten slik at det ikke trekkes luft gjennom pumpa eller brønnfilteret.

6 Lagring og pakking av prøver

Vannprøvene bør holdes kjølig i felt inntil forsendelse til lab. Dette kan oppnås ved:

- å lagre dem i kjøleskapet
- å lagre dem i en kjølebag
- å lagre dem utendørs (hvis det er kaldt)

Prøvene må ikke fryse da frysing kan medføre sprengning av emballasjen og endringer i

grunnvannskjemi. Forsøk på laboratoriet har påvist at frysing blant annet kan medføre at Si og Fe kan forsvinne fra løsning (f.eks. felles ut), selv fra surgjorte løsninger.

Vannprøvene pakkes før forsendelse i esker sammen med bestillingsskjema for analyser (neste kapittel). Glassflaske og kation-flaske pakkes i eget lag bobleplast før eskene tapes godt igjen.

Forsendelse av prøver bør skje innen to, senest tre, dager etter prøvetakingen, og foretas følgelig i de fleste tilfeller allerede under feltarbeid. Forsendelser sendt før helg bør planlegges slik at de ankommer med kortest mulig tid lagret hos transportselskap før de ankommer lab.



NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE
- NGU -

Norges geologiske undersøkelse
Postboks 6315, Sluppen
7491 Trondheim, Norge

Besøksadresse
Leiv Eirikssons vei 39
7040 Trondheim

Telefon 73 90 40 00
E-post ngu@ngu.no
Nettside www.ngu.no