



# **GEOLOGI FOR SAMFUNNET**

SIDEN 1858



**NORGES  
GEOLOGISKE  
UNDERSØKELSE**

· NGU ·





# Otta

NGU rapport 2017.008

Kartlegging og overvåking av typelokaliteter for grunnvann med antropogen belastning





<b>Rapport nr.:</b> 2017.008	<b>ISSN: 0800-3416 (trykt)</b> <b>ISSN: 2387-3515 (online)</b>	<b>Gradering:</b> Åpen	
<b>Tittel:</b> Otta - Kartlegging og overvåking av typelokaliteter for grunnvann med antropogen belastning.			
<b>Forfatter:</b> Seither, A., Dagestad, A., Jæger, Ø., Gundersen P., Minde, Å.	<b>Oppdragsgiver:</b> Miljødirektoratet		
<b>Fylke:</b> Oppland	<b>Kommune:</b> Sel		
<b>Kartblad (M=1:250.000)</b>	<b>Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)</b>		
<b>Forekomstens navn og koordinater:</b> Vannforekomst 002-133-G, Otta	<b>Sidetall:</b> 28 <b>Kartbilag:</b>	<b>Pris:</b> 160	
<b>Feltarbeid utført:</b> Des. 2016 - nov. 2018	<b>Rapportdato:</b> 08.10.2019	<b>Prosjektnr.:</b> 366505	<b>Ansvarlig:</b> <i>Berinde Olsen</i>
<b>Sammendrag:</b> <p>Grunnvannsforekomst Otta ligger i løsmasser i en elvevifte under Otta sentrum og utgjør deler av et større grunnvannsmagasin i Gudbrandsdalen, som elvene Gudbrandsdalslågen og Ottaelva har bygd ut. Tidligere stålproduksjon, transport og lagring av olje, samt generell urbanisering og industri utgjør de største mulige belastningene på grunnvannets naturlige kjemiske sammensetning.</p> <p>Forekomsten består hovedsakelig av sand- og grusavsetninger og har god hydraulisk kontakt med Ottaelva og Gudbrandsdalslågen. Resultater fra både tidligere og nye undersøkelser viser at området med grovkornete avsetninger med gode vannføringsegenskaper er begrenset til en fluvial løsmassevifte som er avsatt fra Ottaelva ut i Gudbrandsdalen. Dette gir gode infiltrasjonsforhold og rask utskifting av grunnvann i løsmasser som tilhører denne viften. I akviferen nord og sør for elveviften består løsmassene av mer sandige avsetninger med noe mindre vannføringsevne og følgelig noe tregere utskifting av grunnvann. Akviferen har et stort lokalt nedbørsfelt i fjellet mot vest, samt et veldig stort indirekte nedbørsfelt via tilførsel av vann fra Ottaelva og Gudbrandsdalslågen.</p> <p>Det ble i høst 2016 gjennomført grunnboringer og etablering av to undersøkelsesbrønner for vannprøvetaking. Det ble i forbindelse med brønnetableringen installert digitale loggere for automatisk høyfrekvent måling av grunnvannsnivå, grunnvannstemperatur og elektrisk ledningsevne. I 2017 ble undersøkelsene utvidet med georadarundersøkelser for å øke forståelsen for oppbygningen av løsmassene. Det ble i perioden 2016 - 2018 tatt ut grunnvannsprøver fem ganger til både uorganiske kjemiske analyser og til analyse av utvalgte organiske forbindelser (hydrokarboner, PAHer, BTEX og PCB).</p> <p>Resultater fra vannkjemianalysene for typelokalitet Otta viser at grunnvannsprøvene fra overvåkingsbrønnene har god kjemisk tilstand i henhold til terskel- og vendepunktverdier for prioriterte stoffer (vedlegg IX i vannforskriften). Konsentrasjonen av samtlige tungmetaller er lave eller målt til under deteksjonsgrensen.</p> <p>Det ble påvist både PAH- og flyktige organiske komponenter (BTEX-forbindelser og Dibrometan) i flere vannprøver, men kun i lave konsentrasjoner. Hverken trikloreten eller tetrakloreten er blitt funnet i grunnvannsprøvene.</p> <p>Det er knyttet noe usikkerhet til representativiteten til kartleggingen av grunnvannsforekomstens kjemiske tilstand basert på disse vannanalyser da logging av grunnvannets elektriske ledningsevne i overvåkingsbrønnene viser tidvis stor variasjon i måleperioder uten vannprøvetaking.</p> <p>Det anbefales derfor å ta vannprøver fra både Ottaleven og Gudbrandsdalslågen i en av kommende prøvetakingsrunder, for bedre å kunne forstå de bakenforliggende årsakene til variasjonene i ledningsevne og grunnvannets kjemiske sammensetning.</p> <p>På et mer overordnet nivå, så anbefales det en grunnleggende gjennomgang av regelverket, som gjelder for tilstandsvurderinger av grunnvannsforekomster. Samspillet mellom grunnvann og overflatevann er vesentlig for ferskvannøkologien. Dermed er det relevant å vurdere om alle eller enkelte stoffer i grunnvann bør vurderes i forhold til annet relevant regelverk enn drikkevannsforskriften, som for eksempel Miljødirektoratets veileder M-608. Det etterlyses også innføring av en tredje tilstandsklasse, for å kunne formidle et mer nyansert bilde enn god eller dårlig kjemisk tilstand.</p>			
<b>Emneord:</b>	Grunnvann	Grunnboring	
Geofysikk	Vannkjemi		



## INNHold

1. Innledning.....	5
2. Grunnvannsføremst Otta .....	6
2.1 Beliggenhet.....	6
2.2 Begrunnelse for utvalget.....	7
2.3 Historikk Otta og belastningsforhold .....	8
3. Regionale geologiske forhold.....	10
4. Kartlegging av geologiske og hydrogeologiske forhold .....	11
4.1 Tidligere undersøkelser .....	11
4.1.1 Grunnboringer .....	11
4.1.2 Grunnvannskjemi .....	12
4.1.3 Georadarundersøkelser .....	13
4.2 Grunnundersøkelser utført i dette prosjektet .....	13
4.2.1 Grunnboringer og brønnetableringer.....	13
4.2.2 Georadarundersøkelser.....	16
4.3 Løsmasseoppbygning i Otta .....	17
4.4 Hydrogeologiske forhold.....	17
4.4.1 Grunnvannstand, nedbør og vannstand i elvene.....	18
4.4.2 Grunnvannstand og grunnvannstemperatur .....	20
4.4.3 Grunnvannets elektriske ledningsevne.....	22
4.4.4 Strømningsforhold rund overvåkingsbrønnene .....	23
5. Vannprøvetaking og analyseresultater .....	25
5.1 Standard fysikalske og kjemiske laboratorieanalyser.....	25
5.2 Organiske miljøgifter.....	26
5.3 Vurdering av vannprøvenes representativitet .....	27
6. Konklusjon og forslag til videre undersøkelser.....	27
7. Referanser.....	28

## VEDLEGG

- 1) Protokoll for prøvetaking og feltmålinger for grunnvannskjemi ved NGU
- 2) Analyseresultater av grunnvannsprøver fra målestasjoner på Otta
- 3) Kornfordeling boringer
- 4) Siktekurver
- 5) Georadarundersøkelse - metodebeskrivelse
- 6) Georadaropptak

## 1. Innledning

De største grunnvannsforekomstene i Norge finnes i løsmasser og utgjør mange steder en viktig ressurs som 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 berørte og 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 etablert en prosjektgruppe som består av Miljødirektoratet, Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Norges geologiske undersøkelse (NGU) og Landbruksdirektoratet (NIBIO). Formålet til prosjektgruppen 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. 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 prosjekt for å karakterisere, overvåke og klassifisere inntil 15 utvalgte grunnvannslokaliteter som skal representere typiske geologiske, klimatiske og belastningssituasjoner 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 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.

Det er forutsatt at de inntil 15 utvalgte typelokalitetene skal inngå 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.



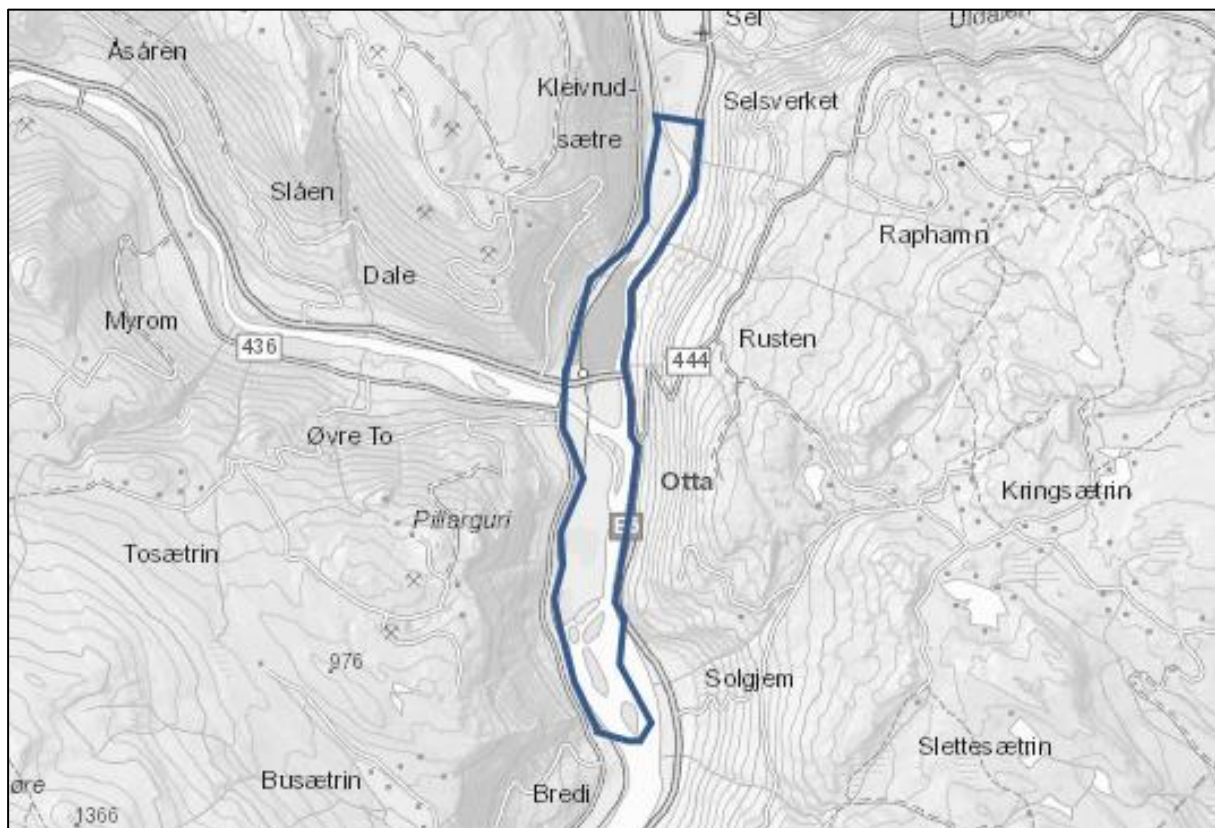
## 2. Grunnvannsforekomst Otta

### 2.1 Beliggenhet

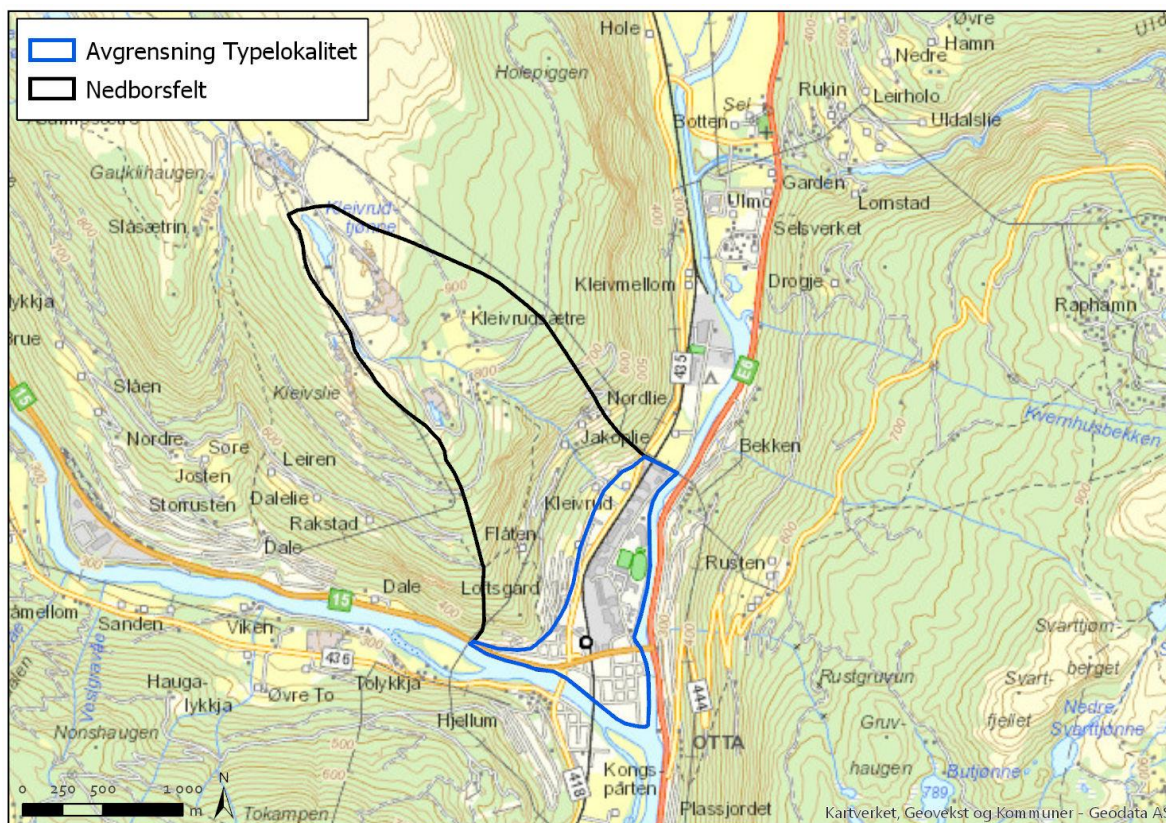
Grunnvannsforekomst Otta er lokalisert i sentrum av tettstedet Otta i Sel kommune i Oppland og er en del av den administrative enheten grunnvannsforekomst Otta (se Tabell 1, Figur 1 og Figur 2). Grunnvannsforekomsten er begrenset av Gudbrandsdalslågen mot øst, Ottaelva mot sør og av overgangen mot fjellet Haldorpiggen mot vest.

Tabell 1 Administrativ informasjon grunnvannsforekomst Otta (fra Vann-nett.no).

Vannforekomst	Otta
VannforekomstID	002-133-G
Vannkategori	Grunnvann
Vannregionmyndighet	Østfold
Vannregion	Glomma
Fylke	Oppland
Kommune	Sel
Vassdragsområde	002
Breddegrad	61.58
Lengdegrad	9.83
Kvantitativ tilstand	Udefinert
Kjemisk tilstand	Udefinert



Figur 1: Utstrekning på den administrative grunnvannsforekomsten 002-133-G Otta (www.vann-nett.no).



Figur 2 Geografisk avgrensning av grunnvannsforekomst Otta samt tilhørende nedbørsfelt.

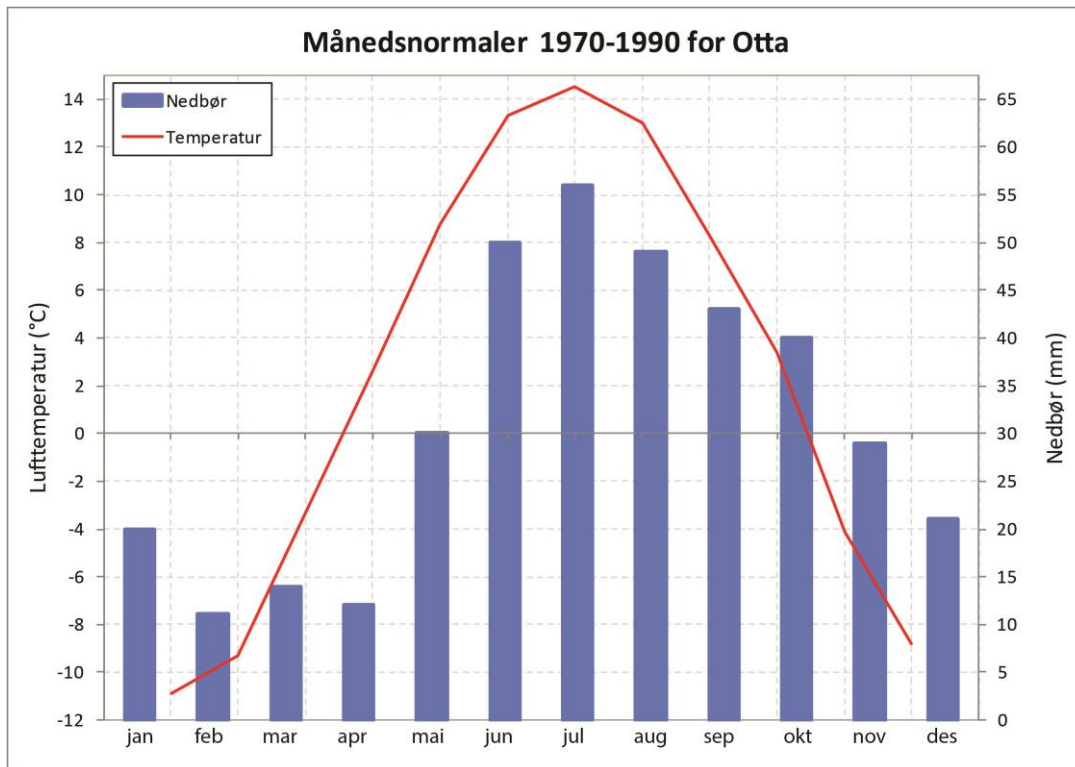
## 2.2 Begrunnelse for utvalget

Lokaliteten er valgt ut for å representere en grunnvannsforekomst i en typisk fluvial elvevifte av permeabel sand og grus over marin grense med belastning fra bebyggelse og industri.

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 i perioden 1970-1990 på lave 2.3 °C. Middelttemperaturen varierer lite om vinteren. I januar ligger middeltemperatur på ca. -11 °C, i juli er middeltemperaturen ca. 14 °C. Med en gjennomsnittlig nedbør av 375 mm per år er klimaet på Otta veldig tørt.

Den største lokale kilden for belastning på grunnvannets kjemiske status er generell urbanisering.

Det er forventet at kartlegging og karakterisering av noen flere grunnvannsforekomster lik den en finner ved Otta vil danne et kunnskapsgrunnlag for andre grunnvannsforekomster i Norge med lignende belastning og hydrogeologiske forhold.



**Figur 3: Månedsnormaler for målestasjon Otta-Bredvangen (måledata fra Meteorologisk institutt: <http://eklima.met.no/>)**

### 2.3 Historikk Otta og belastningsforhold

Otta er en by og administrasjonssenter i Sel kommune i Oppland og ligger nord i Gudbrandsdalen. Byen ble etablert i 1896, da Dovrebanen ble åpnet, og er dermed en forholdsvis ung by. Med jernbanestasjon og E6 er Otta i dag et regionalt trafikknutepunkt. Per 1. januar 2016 bodde det omtrent 1700 innbyggere på Otta.

Tettstedet har flere steinbrudd for uttak av kleber stein og skifer. Spesielt uttak av kleber stein har preget historien på Otta. I 1912 etablerte Norway Talcmill seg på Bårstad (15 km NV for Otta), først med produksjon av ildfast stein, senere med produksjon av talkum.

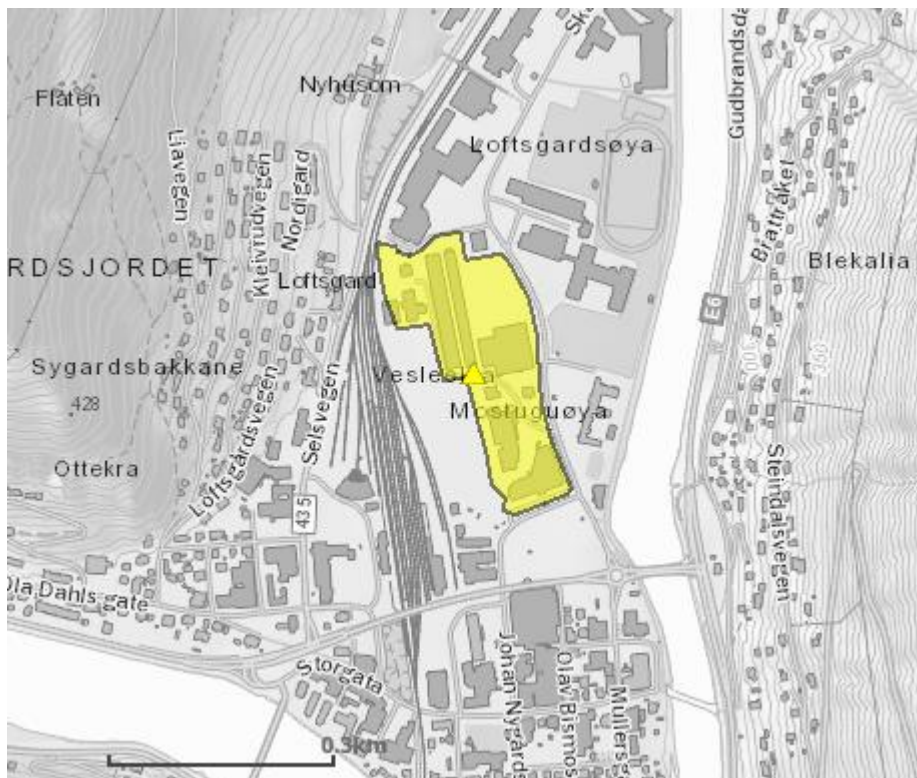
Etter en brann i mølla i 1915, ble Bårstad-anlegget solgt til det nystartede AS Østlandske Steneksport. Flere store investeringer for å øke og effektivisere bedriften ga dessverre ikke de ønskete resultatene. Driften var ikke lønnsom og tanken på å utnytte biproduktet magnetitt ble drøftet. For å forbedre salgsproduktets farge måtte man separere ut kromholdig magnetitt (magnetisk jernmalm) fra talken. Dette var et godt råstoff for stålproduksjon, så selskapet satset stort på å etablere et smelteverk på Otta. Smelteverk ble da også bygget på Otta i 1918 og prøvedrift satt i gang i samme år.

Flere store eiendommer og et dolomittbrudd rett opp for Selsvannet ble kjøpt. Men AS Østlandske Steneksport kjente fort både på praktiske problemer og på nedgangstidene. Salg av det meste av eiendommene på Otta avverga konkursen og Østlandske Steneksport fortsatt å drive sin produksjon av talkum, ildfast stein og ferdigprodukter som ovner og peiser frem til 1980. Smeltehytta ble deretter bygd om til meieri.

Stålproduksjon medførte både en forurensing til luft og vann, men produksjonen ble aldri veldig omfattende og det foreligger i dag ingen dokumentasjon av forurensinger på grunn av denne industrielle aktiviteten.

I grunnforurensingsdatabasen til Miljødirektoratet er det registrert grunnforurensing fra treimpregnering (se Figur 4 for området). Belastingen på bedriftsområdet til Otta Sag & Høvleri A/S er vurdert som påvirkningsgrad 2, som betyr at det er ansett å være akseptabel forurensing med dagens areal- og resipientbruk. En datarapport blir nevnt («Grunnforurensing fra treimpregnering», 1997, saksnummer 95/1230-33), men denne er ikke tilgjengelig via databasen. Otta Sag og Høvleri er en tradisjonsrik bedrift som ble flyttet ut på «øya» (området nord for sentrum) tidlig på 50-tallet. Bedriften har blant annet drevet med produksjon av sviller for NSB og skurlastproduksjon. Egen videreforedling kom på plass på 60-tallet, høvel og barkemaskin ble montert. Fra 1980 og frem til dag har det pågått kontinuerlig ombygging av produksjonsutstyr for å imøtekomme stadig nye behov. Driftsmodellen i dag består av høvling og impregnering.

Rapporten om grunnforurensingen er ikke tilgjengelig for offentligheten, men tatt i betraktning at forurensingen kommer fra treimpregnering, er det sannsynlig at det dreier seg om kreosot eller gammel CCA-impregnering (forbudt fra 2002), der tungmetallene kobber, krom og arsen ble sprøytet inn i treverk for å forhindre råte. Brønnene som ble installert for dette prosjektet ligger nærområdet med registrert grunnforurensing (se kart i Figur 8 for brønnlokalisiteter), slik at det skal være mulig å avdekke påvirkning av grunnvannet fra denne bedriften.



**Figur 4: Grunnforurensing registrert i grunnforurensingsdatabasen til Miljødirektoratet (<https://grunnforurensning.miljodirektoratet.no/>).**

Fra 1929 og årene fremover begynte oljeselskapene å etablere seg på Otta. Ottas første bensinstasjon bygd på en tomt langs riksvei 15, dagens Storgate 3. I forbindelse med omlegging av riksvei 15, fikk Otta sentrum på slutten av 1980-årene endret trafikkmønster. Det medførte flytting til ny tomt i Mullersgate 27. Stasjonen som sto ferdig i 1990, ligger sørvest for en rundkjøring som er sentralt til i dagens trafikkbilde; med nær tilknytning til E6 og den omlagte riksvei 15 ([www.selhistorie.no](http://www.selhistorie.no)).

Otta ble også senter for lager av drivstoff. Lagrene lå med nær tilknytning til jernbanen med egne sidespor. Anlegget til A/S Østlandske Petroleums kompani (nå Esso) besto av nedgravde

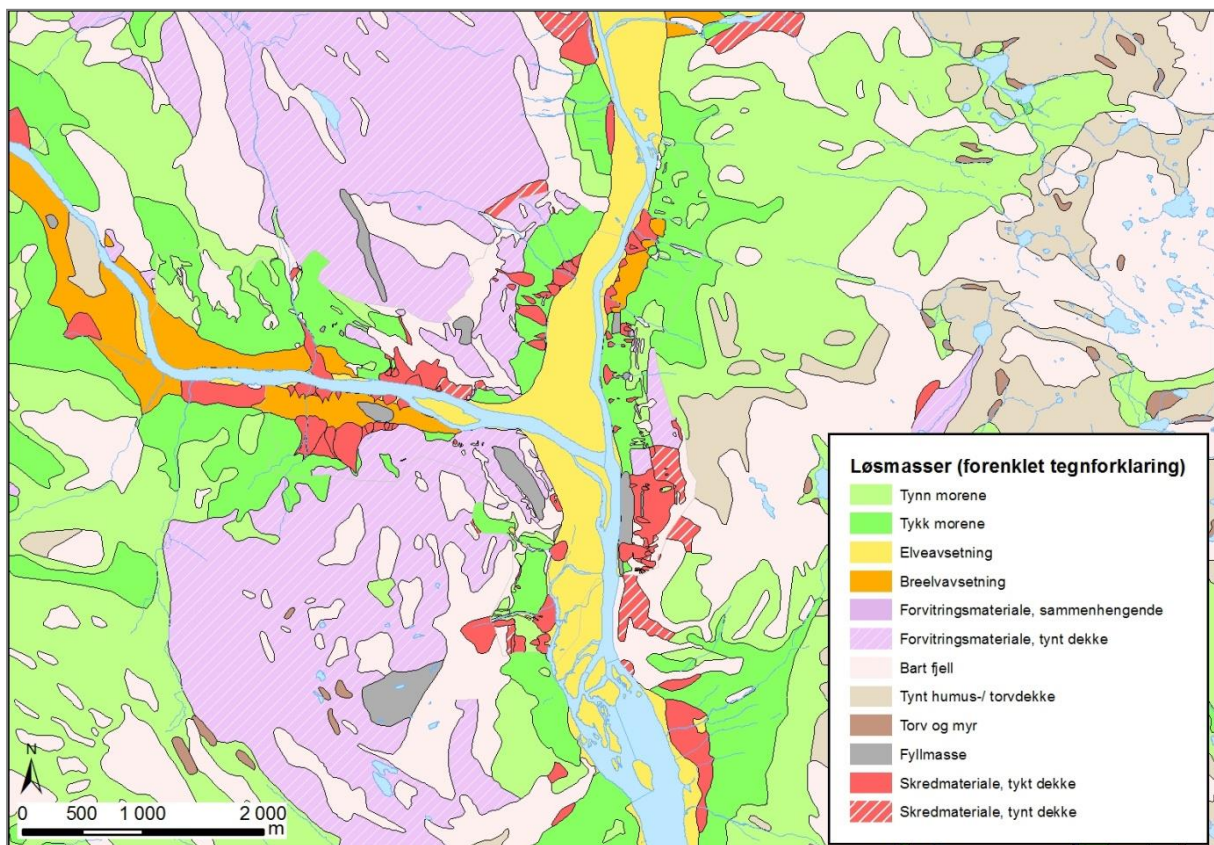
tanker samt en stor lagerhall. I dag er den tidligere lagertomta en del av området nord for Rådhuset. Norske Shell A/S sitt distribusjonslager lå midt i Otta sentrum, på samme tomt som bensinstasjonen beskrevet ovenfor ([www.selhistorie.no](http://www.selhistorie.no)). Det er i dag ikke registrert grunnforurensinger fra denne aktiviteten i grunnforurensingsdatabasen til Miljødirektoratet. Det er likevel realistisk å anta at lokale forurensinger fra lagring og håndtering av drivstoff har oppstått og at disse muligens påvirker grunnvannskjemien i dag.

Utover de historiske aktivitetene beskrevet i foregående avsnitt, er diffus urban belastning den antatt største kilden til forurensinger av grunnvannet på Otta i dag.

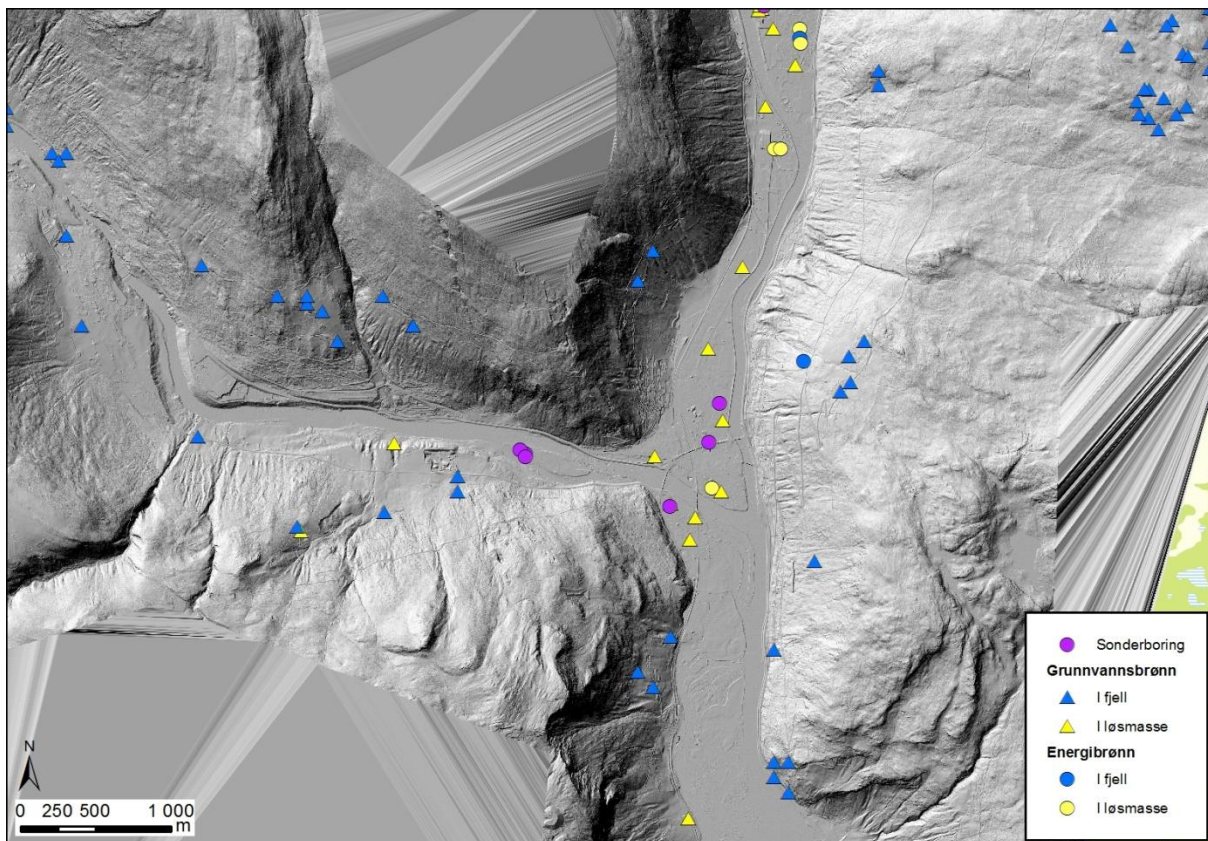
### 3. Regionale geologiske forhold

Området som grunnvannsforekomst Otta er en del av ligger over marin grense, og NGUs kvartærgeologiske kart viser at løsmassene i dalbunnen utelukkende består av elveavsetninger av sand og grus (Figur 5) Dalsidene består av morenedekke med varierende tykkelse med stedvis innslag av mektigere terrasser av breelvavsetninger.

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



Figur 5: Kvartærgeologisk kart over området ved grunnvannsforekomst Otta (kilde: [www.ngu.no](http://www.ngu.no))



**Figur 6: Høyoppløselig terrengmodell (Lidar data 2013, 1m), inklusive brønner og sonderboringer registrert i grunnvannsdata-basen hos NGU ([http://geo.ngu.no/kart/granada\\_mobil/](http://geo.ngu.no/kart/granada_mobil/)).**

## 4. Kartlegging av geologiske og hydrogeologiske forhold

### 4.1 Tidligere undersøkelser

I 2000 ble det igangsatt en undersøkelse for å kartlegge grunnvarmepotensialet fra løsmasser i Otta området (Dagestad et al., 2005). I den forbindelse ble det utført georadarundersøkelser, sonderboringer og nedsetting av undersøkelsesbrønner. Under etablering av disse brønnene er det tatt ut sedimentprøver til kornfordelingsanalyser og grunnvannsprøver til kjemisk analyse. Ved utvalgte brønner er det i tillegg utført langtidsmålinger av trykk og temperatur. Ut fra disse undersøkelsene er det utarbeidet en numerisk grunnvannsmo-dell over strømningsforholdene i akviferen i Otta.

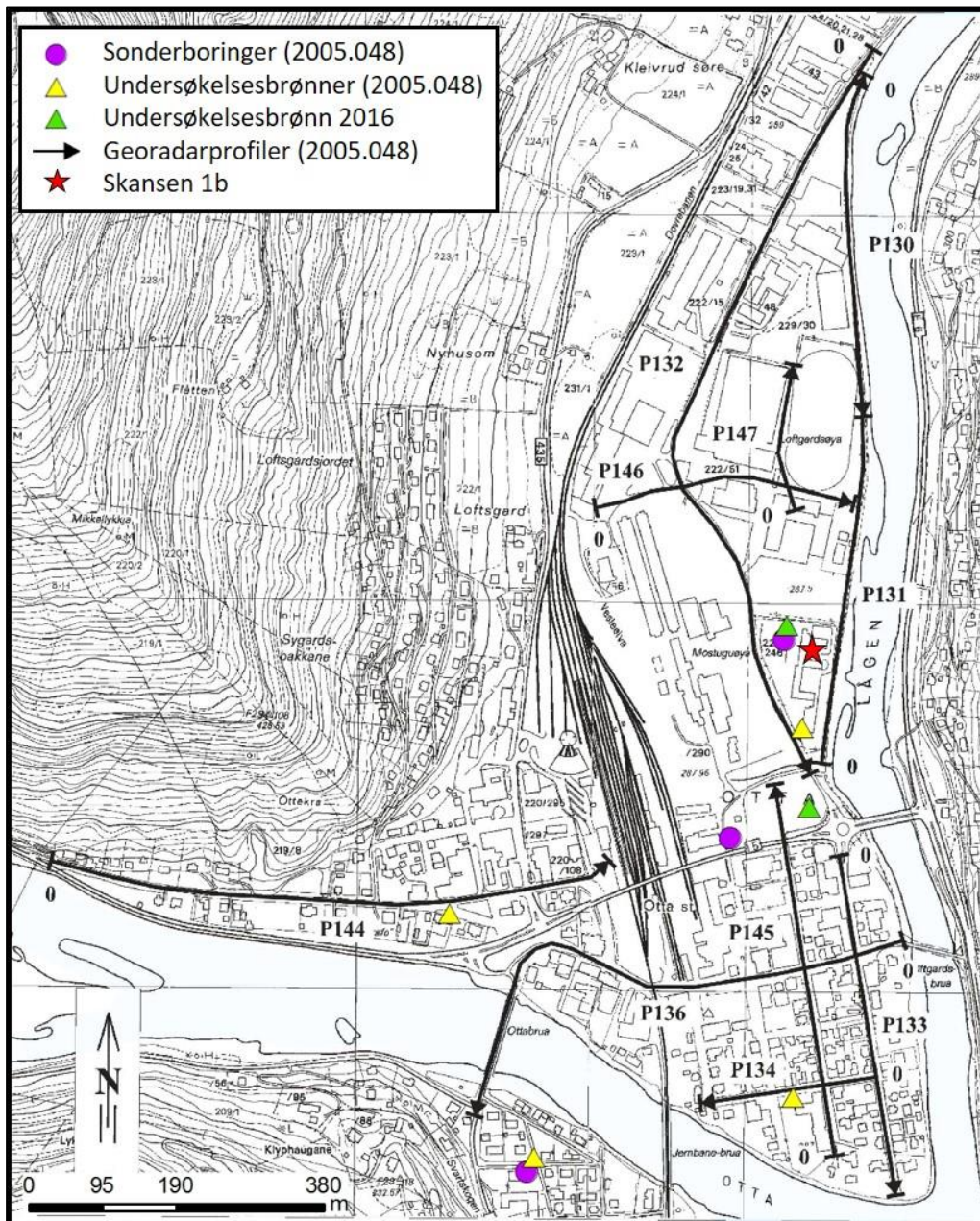
#### 4.1.1 Grunnboringer

I forbindelse kartlegging av grunnvarmepotensialet i Otta området (Dagestad et al., 2005) ble det høsten 2000 utført grunnboringer ved 9 lokaliteter. Lokalisering av sentrumsnære borepunkter er vist i Figur 7, sammen med georadarprofiler. I disse sonderboringene ble det registrert grovkornete løsmasser med god vanngjennomgang ble det satt ned undersøkelsesbrønner ved noen av disse boringene (Figur 7).

Ut fra resultatene fra boringene ved Skansen ser det ut som et markert skille i løsmassesammensetningen mot dypet, med sandige og grusige lag med god vanngiverevne sør for Skansen 1b og finsandige masser med dårlig vanngiverevne ved cirka 8 m dyp under grove masser nord for Skansen 1b.

En av boringene sør for Ottaelva ble mest sannsynlig avsluttet i en stor steinblokk. I de resterende borepunkter ble det funnet mektige grovkornete avsetninger med god

vanngiverevne ned til over 30 m dyp uten å påtreffe fjell. For mer informasjon henvises til Dagestad et al. (2005).



Figur 7: Kart over Otta. Sondorboringer utført i 2000 er vist som fiolette sirkler, undersøkelsesbrønner anlagt i 2000 er vist som gule trekkanter og undersøkelsesbrønner anlagt i desember 2016 er vist som grønne trekkanter. Posisjonen av georadarprofilene tatt nord for Ottaelven er merket med svarte piler. Behandlingssenteret ved Skansen 1b er markert med et rødt stjerne. Bakgrunnskartet er fra Dagestad et al. (2005), kartbilag 2005.048-06.

#### 4.1.2 Grunnvannskjemi

I forbindelse med kartlegging av grunnvarmepotensialet (Dagestad et al., 2005) ble det tatt åtte vannprøver fra tre ulike brønner i utvalgte dyp. Vannet ble analysert på anioner og kationer samt fysikalske analyser og viste seg at vannet var svakt surt med lavt mineralinnhold. Det ble ikke funnet målbare mengder av jern og kun ubetydelige mengder mangan i prøvene. Vannet ble dermed ansett som gunstig for å kunne brukes direkte i varmevekslere. Det ble ikke utført noen miljøanalyser av grunnvannet i denne kartleggingen.

### 4.1.3 Georadarundersøkelser

For å få bedre oversikt over lagdeling i løsmasser, fjelloverflatens beliggenhet samt dyp til grunnvannsspeilet ble det i 2000 utført georadarmålinger i forbindelse med kartlegging av grunnvarmepotensialet i Otta området (Dagestad et al., 2005). En beskrivelse av denne geofysiske metoden og detaljer for undersøkelsene i Otta er gitt i vedlegg 5.

Til sammen ble det utført 7 km med georadarmålinger langs veier og sykkelstier. Alle profiler ble tatt på vestsiden av Gudbrandsdalslågen, både nord og sør for utløpet av Ottaelven. Beliggenhet til profilene som er utført nord av Ottaelva er vist i Figur 7. Radargrammene av opptakene er ikke vist er foreliggende rapport, men er tilgjengelig i originalrapporten Dagestad et al. (2005).

Radargrammene viser at tykkelsen på elvesedimenter er mellom 5-6 m. På grunn av varierende grad av reflektivitet ved de øvre lagpakke tolkes det som varierende innhold av grove og finere masser. Under elveavsetningene, som er nærmest horisontale, viser måledata avsetninger bestående av partier med tydelige skrålag – spesielt markert i utløpsområdet for Otta elva. Avsetningene tolkes til å være grovkornete breelvavsetninger. Ingen av profilene viser refleksjoner fra en fjelloverflate. Boringene, som omtales over, viste at mektigheten på avsetningene er betydelig, med grove masser ned til 30-40 m dyp i sentrale deler av Otta sentrum.

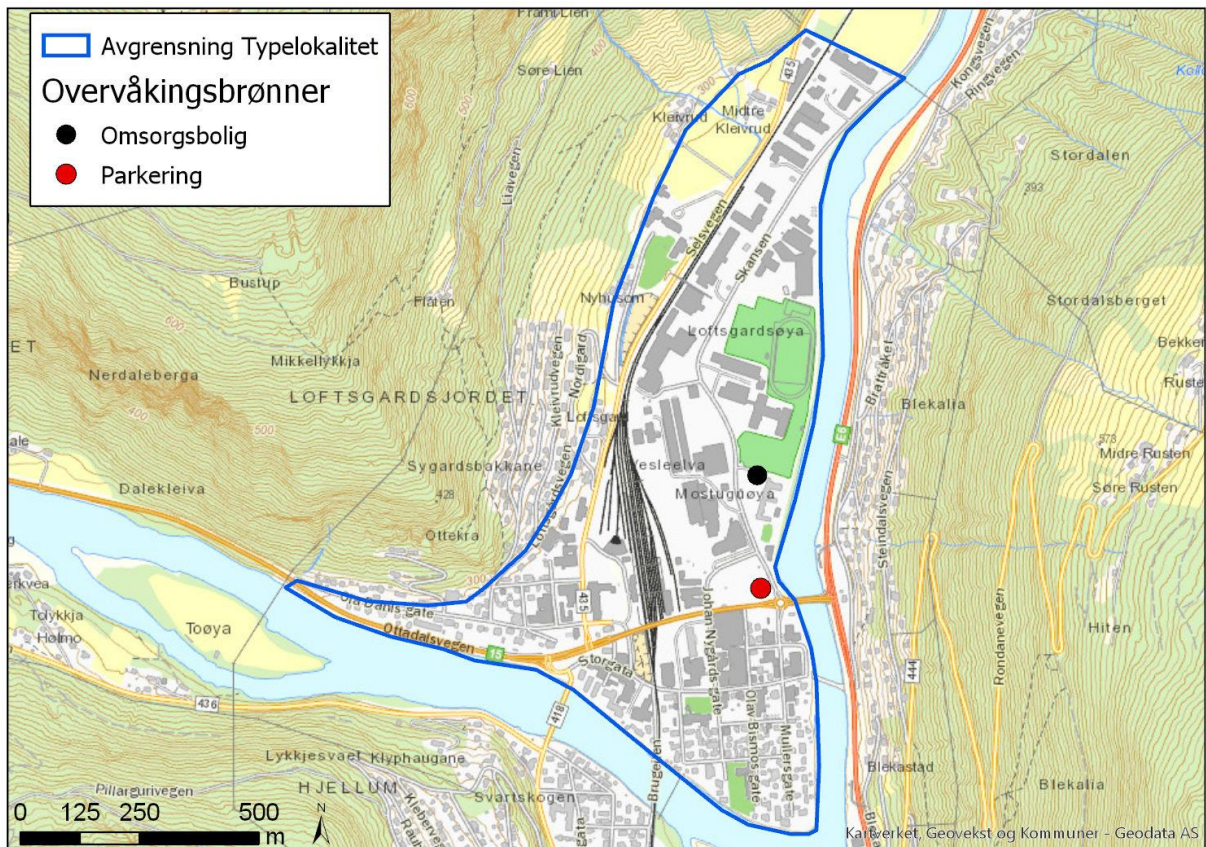
## **4.2 Grunnundersøkelser utført i dette prosjektet**

### 4.2.1 Grunnboringer og brønnetableringer

Det ble i desember 2016 etablert to overvåkingsbrønner i Otta sentrum for kartlegging av løsmassesammensetningen mot dypet samt registrering av grunnvannsnivå og uttak av grunnvannsprøver (Figur 8). Utvalget av mulige borepunkter i dette området ble av praktiske årsaker begrenset til kommunal eiendom. Vann- og avløpsledninger og ulike typer kabler ga også noen begrensninger på valg av borelokaliteter. Gitt disse begrensningene ble grunnboringene forsøkt plassert slikt at de gir relevant informasjon om løsmassesammensetning og grunnvann mot dypet.

Grunnboringene ble utført med tung boreutrustning og med neddrivning av stålrør. Det ble på begge borelokalitetene etablert overvåkingsbrønner. Brønnene er utført i PEH materialet godkjent for miljøundersøkelse. Dypet til grunnvannsspeilet ved etableringstidspunkt lå på 4,5 m (ved omsorgsboligen) og 3,5 m (ved parkeringen). Den nederste delen av brønnen som står i kontakt med grunnvannet har slisser som tillater uttak av grunnvannsprøver og registrering av grunnvannsnivå. Løsmassene ved begge lokalitetene består av sand, grus og stein. Plassering av borepunkter og ferdige overvåkingsbrønner er vist i Figur 8. Otta kommune har vært behjelpelig med nøyaktig innmåling av brønnene.

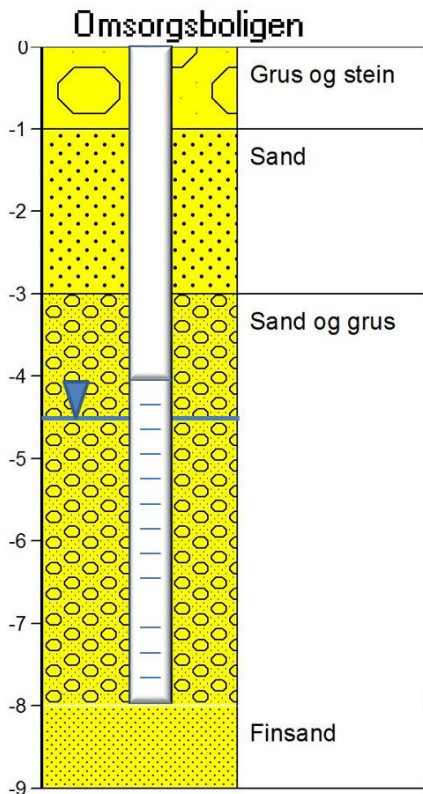




**Figur 8: Oversikt over grunnvannsførekkomsten og beliggenhet av overvåkingsbrønnene ved omsorgsboligen og parkeringsplassen.**

Under boreprosessen ble det tatt ut oppblåste sedimentprøver som gjør det mulig å vurdere løsmassesammensetningen mot dypet. Boreloggen og utforming av brønnene er vist i Figur 9 og Figur 10. Kornfordelingstabeller og siktekurver av prøvetatte sedimenter er vist i vedlegg 3 og 4.

Det er installert digitale logger i begge brønnene for kontinuerlig måling av grunnvannsnivå og temperatur samt elektrisk ledningsevne i grunnvannet.

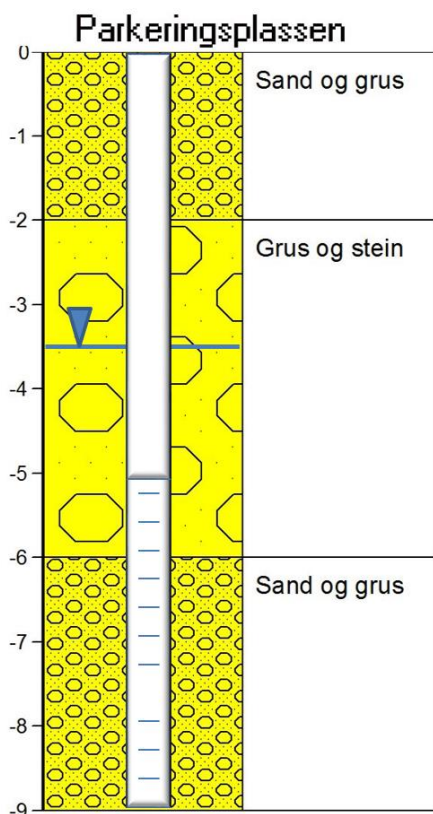


**Figur 9: Borelogg for grunnboring 16-01 og utforming av overvåkingsbrønn «Omsorgsboligen».**

Grunnboringene startet opp ved borepunkt 16-01 i den nordlige delen av typelokaliteten. Borepunktet er plassert utenfor en omsorgsbolig, cirka 80 m fra Gudbrandsdalslågen og 50 m fra bedriftsområdet til Otta Sag og Høvleri AS.

Som det fremgår i boreloggen består den øverste meteren av grus og stein. Under dette laget består løsmassene av sand og grus med gode vannføringsegenskaper ned til cirka 8 m dyp. Ved 9 m dyp ble boringen avsluttet i finsand med liten vanngiverevne.

Grunnvannsnivå ble målt til cirka 4.5 m under bakken ved brønnetablering. Det ble etablert en overvåkingsbrønn («Omsorgsbolig») med slissefilter i nivå 4-8 m under bakken.



**Figur 10: Borelogg for grunnboring 16-02 og utforming av overvåkingsbrønn «Parkering».**

Borepunkt 16-02 er plassert ved en parkeringsplass, cirka 40 m fra Gudbrandsdalslågen og 30 m fra riksvei 15.

Boreloggen viser at løsmassene gjennomgående består av sand, grus og stein med gode vannføringsegenskaper i hele boreprofilets lengde.

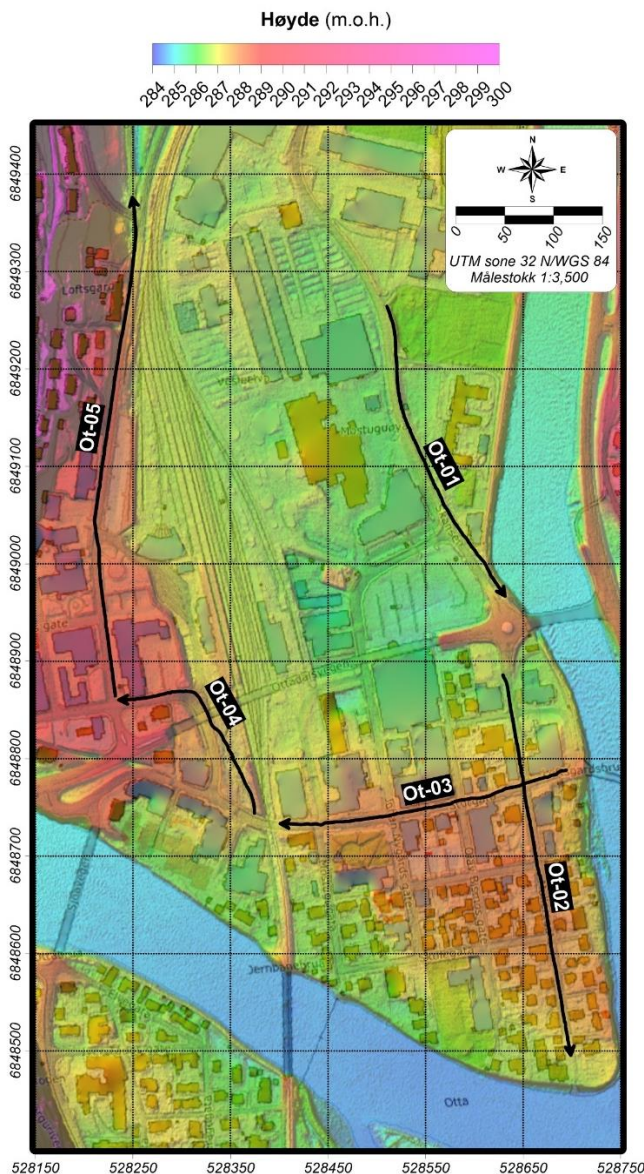
Grunnvannsnivå ble målt til cirka 3.5 m under bakken ved brønnetablering. Det ble etablert en overvåkingsbrønn («Parkering») med slissefilter i nivå 5-9 m under bakken.

#### 4.2.2 Georadarundersøkelser

For å komplementere resultatene for georadarundersøkelsene gjennomført i 2000 (se avsnitt 4.1.3 eller rapport Dagestad et al., 2005) ble det utført 5 nye profil-linjer i Otta (se kartet i Figur 11). En beskrivelse av metoden og detaljer for undersøkelsene i Otta er gitt i vedlegg 5. Radargrammene av opptakene er vist i vedlegg 6.

Profilene Ot-02, Ot-03 og Ot-04 viser tydelig dybden til grunnvannsspeilet som en tilnærmet horisontal linje ved cirka 282 moh, 283 moh og igjen 283 moh. Ved profil Ot-05, som følger overgangen til fjellet, er grunnvannsreflektoren noe utydelig, men ved en omtrentlig høyde på 285 moh. Dette bekrefter forventningene om at hovedstrømningsretning av grunnvannet er fra fjellområdene i vest mot Gudbrandsdalslågen i øst. Dybde til grunnvannet målt fra terreng ved undersøkelsestidspunktet varierte mellom 2 og 5 m.

Under de øvre, omtrentlig horisontale avsetningene og under grunnvannsspeilet viser noen av profilene partier med skrålag, som tolkes som breelvavsetninger. Disse skrålagene er spesielt markerte i utløpsområdet for Otta elva ut i Gudbrandsdalen. Det ble ikke registrert fjell mot dypet i dette området



**Figur 11: Georadarundersøkelser utført i 2017. Profillinjene er vist med svarte piler. Fargekoden i bakgrunnen visualiserer topografien.**

### 4.3 Løsmasseoppbygning i Otta

Ut fra tilgjengelig geologisk informasjon antas det at grunnvannsforekomst Otta har begrenset vertikal utstrekning og er definert av utstrekning og mektighet på det sandige topplaget på elveterrassen og elvevifta beskrevet nedenfor.

Boringene som ble utført i forbindelse med kartlegging av grunnvarmepotensialet i Otta (Dagestad, et al. 2005), viste at mektigheten på avsetningene er betydelig, med grove masser ned til 30-40 m dyp i sentrale deler av Otta sentrum.

Men resultatene fra tidligere og nye georadarundersøkelser og grunnboringer sett under ett viser at området med grovkornete avsetninger med god vanngiverevne begrenser seg til en vifte som brer seg fra munningen av Ottadalen ut i Gudbrandsdalen. På nord- og sørsiden av denne elvevifta domineres løsmassene av finkornige sedimenter med liten vanngiverevne, men med et øvre tynt lag av grovkornete elveavsetninger.

Løsmassevifta med grovkornete avsetninger på dypet består sannsynligvis av breelv- og senere elveavsetninger som er avsatt fra Ottaelva ut i Gudbrandsdalen. Vannføringen i Ottaelva har sannsynligvis vært betydelig større i tidligere tider under nedsmeltingen av innlandsisen, og elva må da ha ført med seg store mengder løsmasser. De groveste løsmassene ble avsatt i munningen av Ottadalen ut i Gudbrandsdalen, mens de mer finkornige massene ble transporter noe lengre. De finkornige, dypereliggende avsetningene utenfor den grovkornete viften indikerer at Gudbrandsdalslågen utgjorde mer en sjø enn elv i dette området.

Ut fra resultatene ved boringene ser det ut som det er et markert skille i løsmassesammensetningen mot dypet mellom de to overvåkingsbrønnene ved omsorgsboligen og parkeringen.

### 4.4 Hydrogeologiske forhold

Det naturlige nedbørfeltet til typelokaliteten strekker seg fra elvenedskjæringen i øst og til vannskille øverst i dalsiden i vest. Typelokaliteten har potensial til å få tilført betydelige mengder overflatevann fra områder som ligger utenfor selve lokalitetens geologiske avgrensning, både fra elvene og fra det nære nedbørfeltet i fjellsiden opp mot fjellet Haldorpiggen, som gjennom infiltrasjon bidrar til nydanning av grunnvann. Dette medfører at gjennomstrømningen i akviferen er stor og at vannet i grunnvannsforekomsten følgelig skiftes ut hyppig.

På grunn av store lokale forskjeller i oppbygningen av løsmassene (se avsnitt 4.3 som omhandler løsmasseoppbygningen) vil det også være store forskjeller i hvor stor gjennomstrømning det er i akviferen. Utskifting av grunnvann vil skje hyppigst i den sørlige delen av typelokaliteten, som ligger på den grovkornete elvevifta.

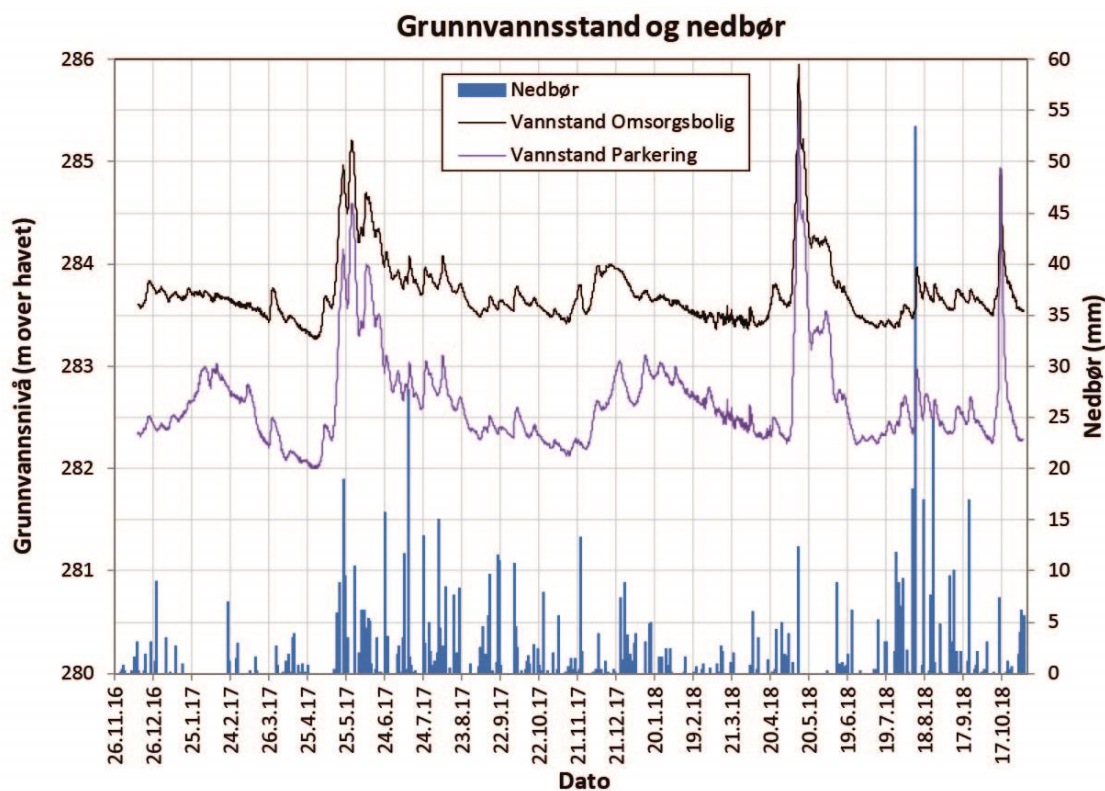
De hydrologiske forholdene innen grunnvannsforekomsten er sterk modifisert gjennom aktiv overflatehåndtering. Avskjærende grøfter langs veier, samt bortledning av bebygde flater til overvannsledninger og avløp, vil sterkt påvirke den naturlige overflateavrenningen og infiltrasjonen i området.

Ifølge numerisk grunnvannsmodelleringen for Otta som ble presentert i Dagestad et al. (2005), endrer strømningsbildene seg betydelig gjennom året. Ved normal vannføring i vassdragene Otta og Lågen er det akviferen som mater elvene mens det i flomperioder er akviferen som blir matet av elvene. Gudbrandsdalslågen har som regel to flomtopper i løpet av våren og sommeren som skyldes snøsmelting i lavlandet om våren og i høyfjellet om

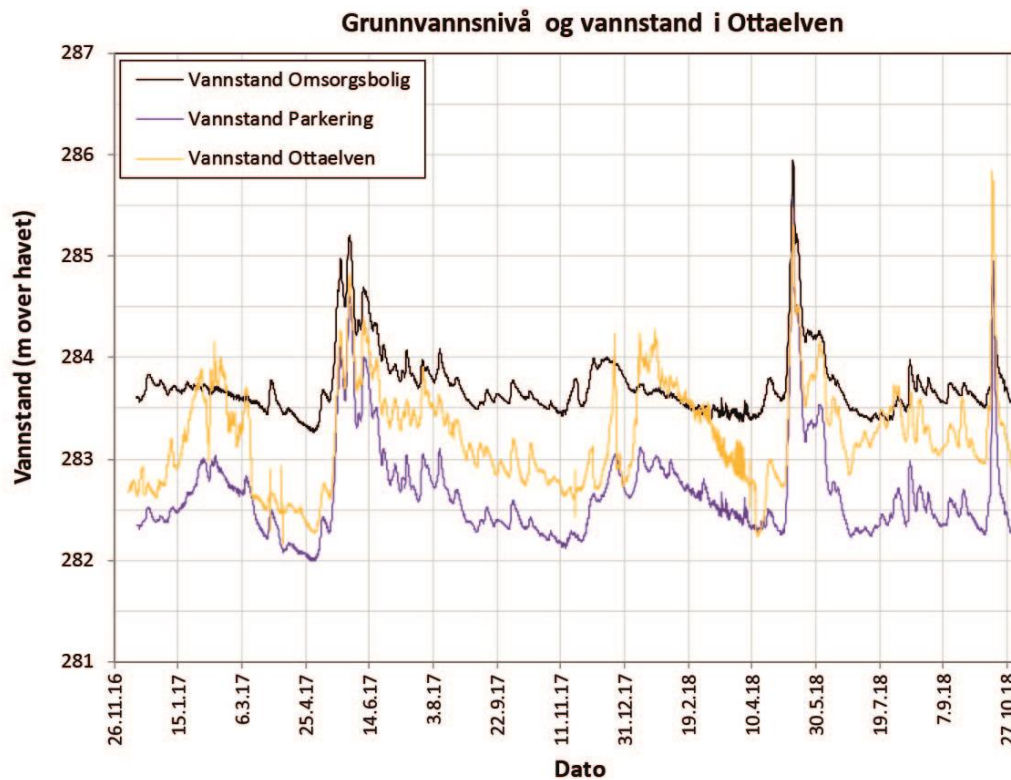
sommeren. Rundt midtsommer kommer det som regel en ny flom fra de vestlige delene av vassdraget (Ottaflommen).

#### 4.4.1 Grunnvannstand, nedbør og vannstand i elvene

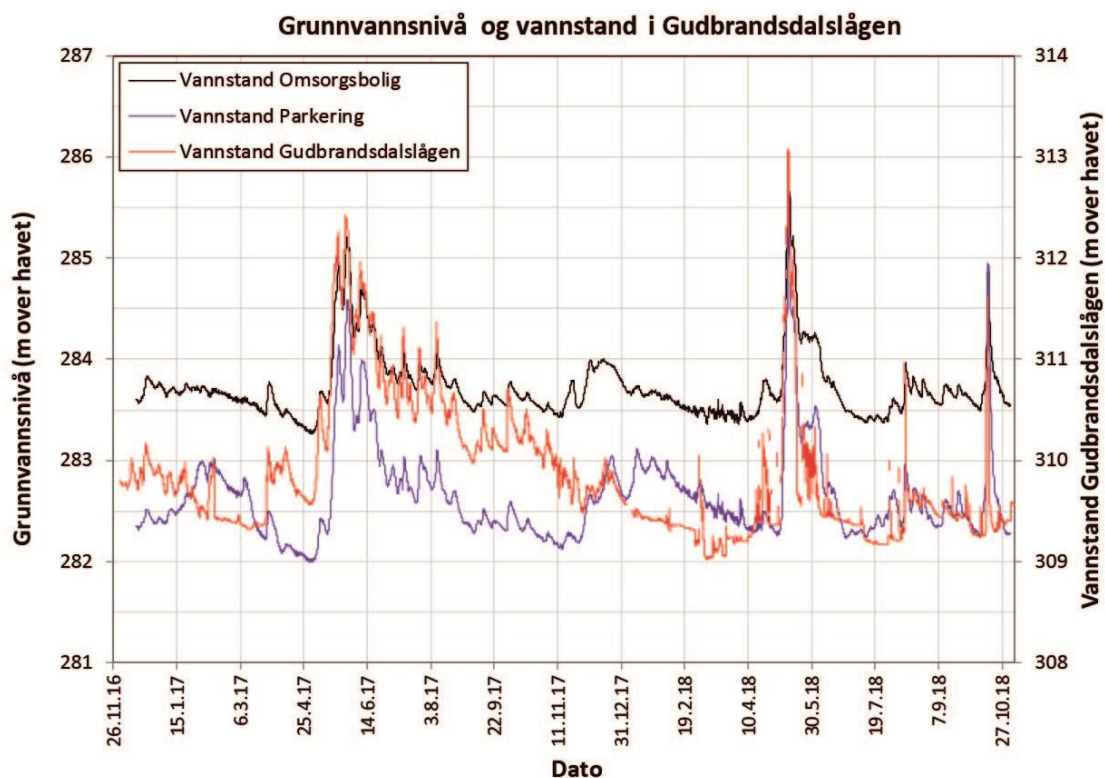
Figur 12 viser de automatiske måleseriene for grunnvannsnivå i brønnene ved omsorgsboligen og parkeringen, samt registrerte nedbørshendelser i samme periode. Måledataene viser at grunnvannstanden i brønnene endrer seg forholdsvis likt over tid og varierer flere meter i overvåkingsperioden. Tidsperioder med spesielt høy vannstand er mai-juni 2017, april-mai 2018 og oktober 2018. Figuren viser at det er kun begrenset samsvar mellom nedbørshendelser og stigning i grunnvannsnivå. Det vil si at nedbør som faller på selve lokalitetens geologiske avgrensning spiller en underordnet rolle sammenlignet med vannmengdene som blir tilført i forbindelse med snøsmelte-episoder eller større nedbørshendelser i elvenes nedbørsfelt. Dette vises tydelig i Figur 13 og Figur 14, der grunnvannstand i brønnene sammenlignes med vannstand ved NVEs nærmeste målestasjonene i Ottaelven (målestasjon i Otta) og Gudbrandsdalslågen (målestasjon 15 km oppstrøms).



Figur 12: Grunnvannsnivå (angitt i meter over havet) ved begge brønnene i Otta, samt nedbørshendelser registrert på målestasjon Otta-Skansen i samme periode. Nedbørsdata er hentet fra Meteorologisk institutt: <http://eklima.met.no/>.



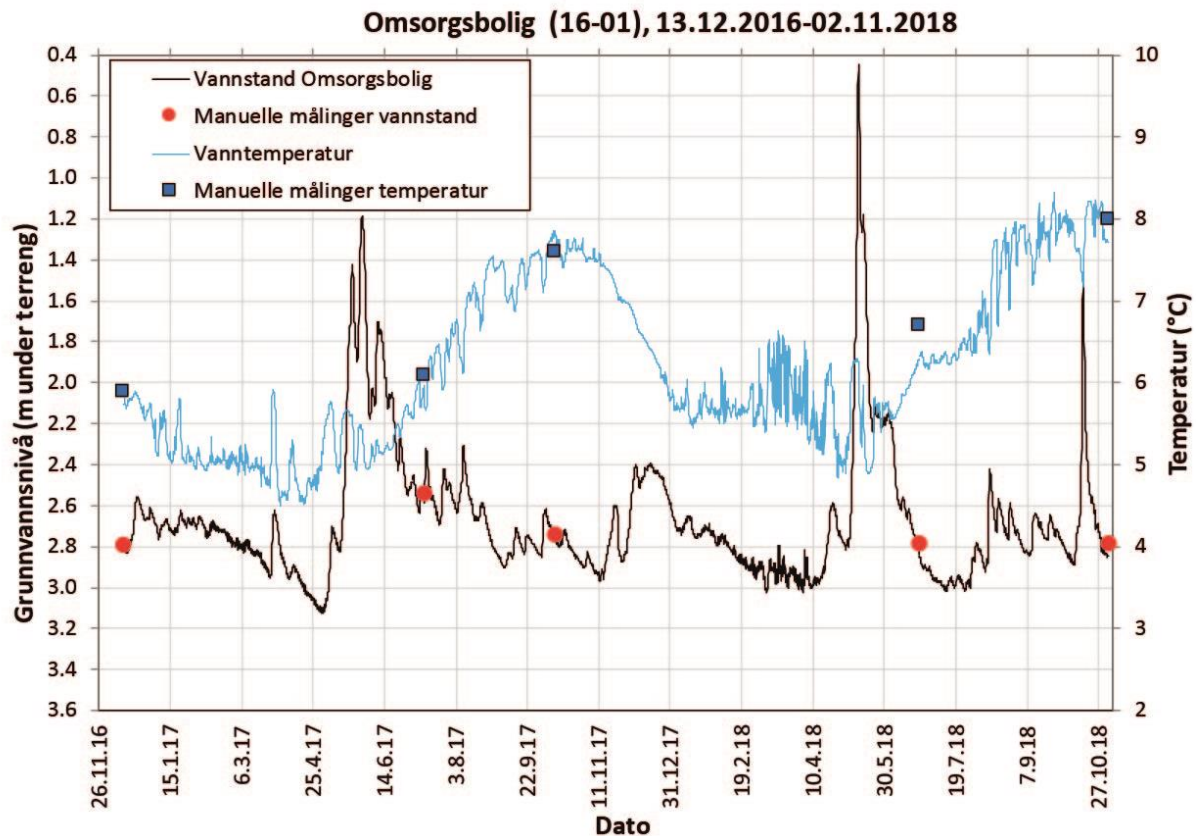
Figur 13: Vannstand registrert på NVEs målestasjon i Ottaelven, samt vannstand registrert ved overvåkingsbrønnene. NVEs målestasjon i Ottaelven ligger ved Ottabrua i Otta. Vannstandsdataene for elven er lastet ned fra <http://sildre.nve.no/Sildre/Browse/Oppland/Sel>.



Figur 14: Vannstand registrert på NVEs målestasjon i Gudbrandsdalslågen, samt grunnvannstand ved overvåkingsbrønnene. NVEs målestasjon i elven er lokalisert cirka 15 km oppstrøms Otta ved Rosten og ligger betydelig høyere enn overvåkingsbrønnene. Vannstandsdataene for elven er lastet ned fra <http://sildre.nve.no/Sildre/Browse/Oppland/Sel>.

#### 4.4.2 Grunnvannstand og grunnvannstemperatur

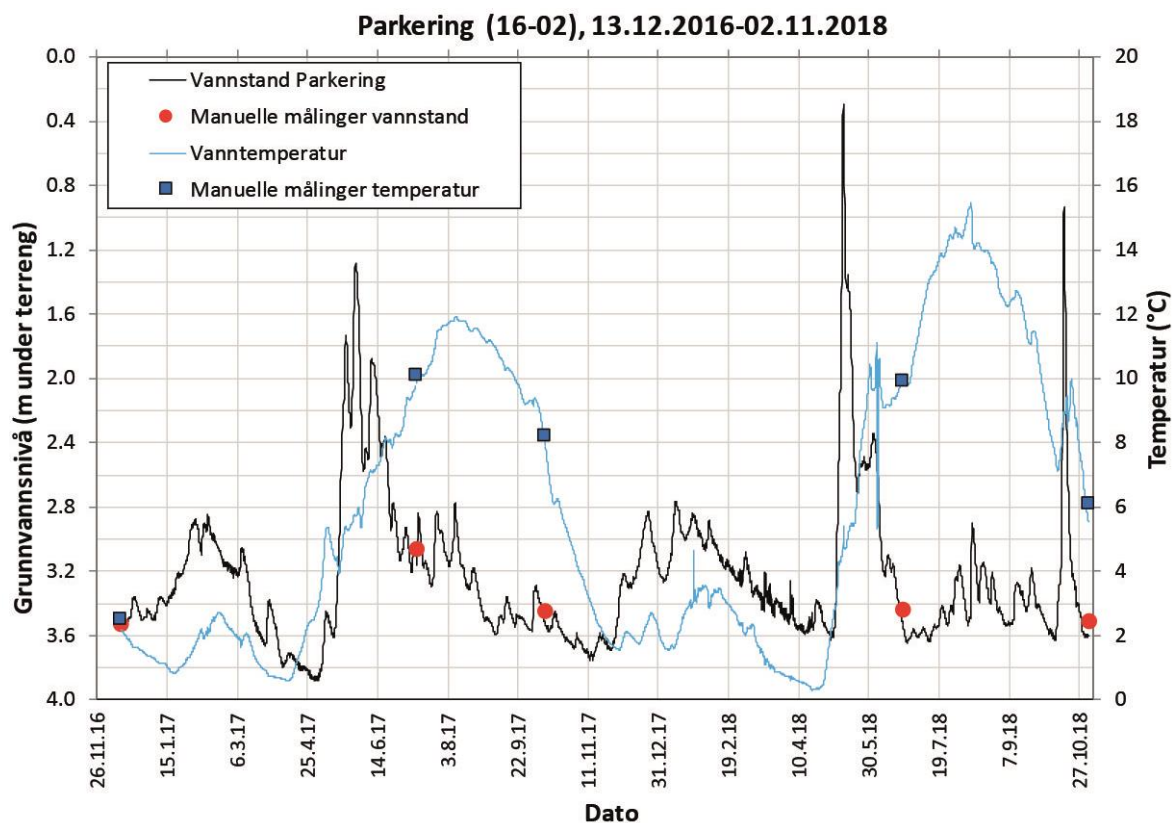
Figur 15 viser måleseriene for grunnvannstand og grunnvannstemperatur fra automatiske målinger samt manuelle målinger gjennomført i forbindelse med vannprøvetaking. Det registreres store variasjoner i grunnvannstand i måleperioden (mellom 0.4-3.1 m under terrenget). Grunnvannstemperatur varierer mellom 4.5 og 8.4 °C i måleperioden der vannet er kaldest på våren og varmest på høsten.. Måleserien for grunnvannstemperatur ved omsorgsboligen derimot fluktuierer sterkt på kort tid, noe som tyder på tilførsel av lokalt overflatevann.



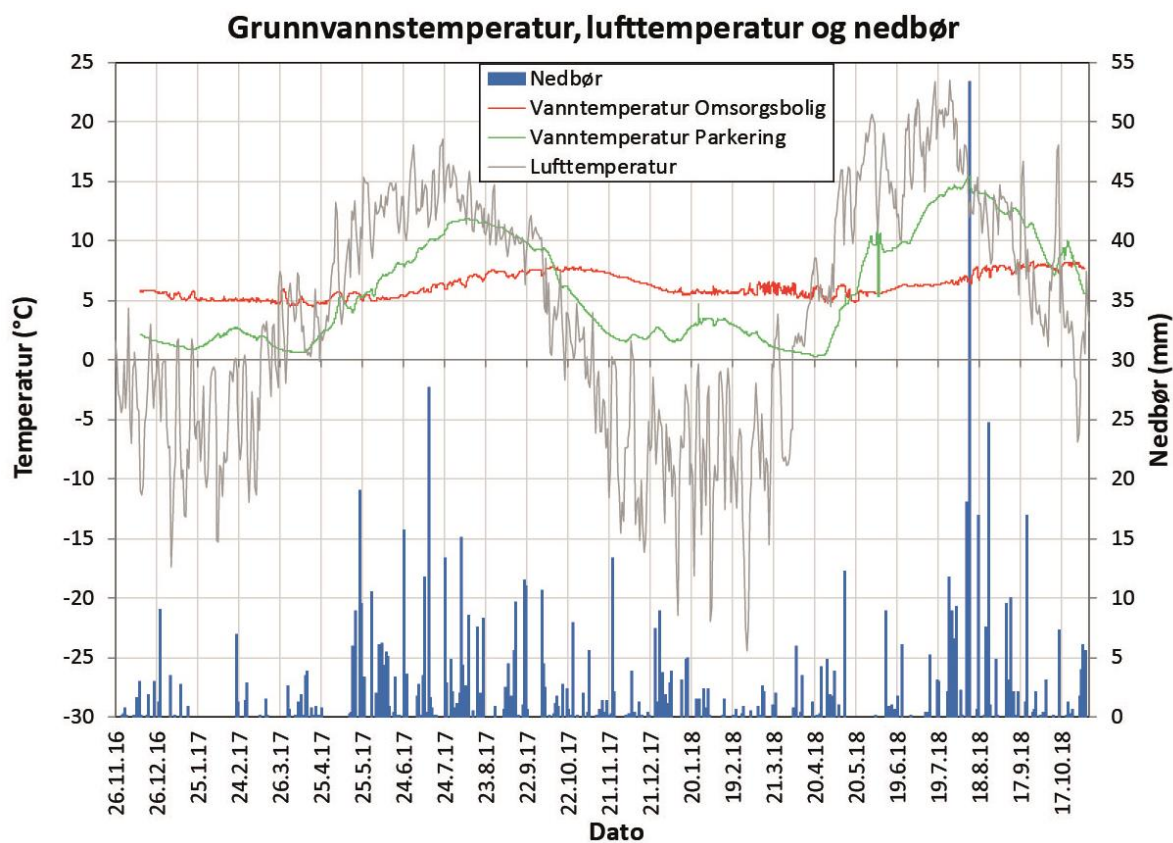
Figur 15: Grunnvannsnivå (meter under terreng) og vanntemperatur i overvåkingsbrønn 16-01 (Omsorgsbolig) fra desember 2016 til november 2018.

Tilsvarende måleserier for brønnen ved parkeringen er vist i Figur 16. Også i denne brønnen varierer grunnvannstand i overvåkingsperioden betydelig (0.3-3.9 m under terreng). Grunnvannstemperatur varierer mellom 0.5°C og 15.5°C og viser følgelig betydelig større variasjon enn i brønnen ved omsorgsboligen. De store temperatursvingningene tyder på at grunnvannet i perioder er betydelig påvirket av lokal nedbør eller elveinfiltrasjon. Temperaturkurver for grunnvann viser normalt en liten tidsforskyvning i forhold til endringer av lufttemperaturen i løpet årstidene. Grunnvannet ved parkeringen derimot er kaldest på vinteren og varmest på sommeren. Dette tyder på at vannet i akviferen skiftes ut hyppig. Resultatet er i samsvar med forventningene. I motsetning til brønnen ved omsorgsboligen er denne brønnen plassert i de grovkornete avsetningene fra viften som ble avsatt av Ottaelven ut i Gudbrandsdalen (se avsnitt 4.3. for detaljer rundt løsmasseoppbygningen).

Figur 17 kombinerer temperaturkurvene for grunnvannet ved begge brønnene med lufttemperatur og registrerte nedbørshendelser.



Figur 16: Grunnvannsnivå (meter under terreng) og vanntemperatur i overvåkingsbrønn 16-02 (parkering) fra desember 2016 til november 2018.



Figur 17: Grunnvannstemperatur ved brønnene i Otta, samt lufttemperatur og nedbørshendelser registrert på målestasjon Otta-Skanssen i samme periode. Meteorologiske data er hentet fra Meteorologisk institutt: <http://eklima.met.no/>.

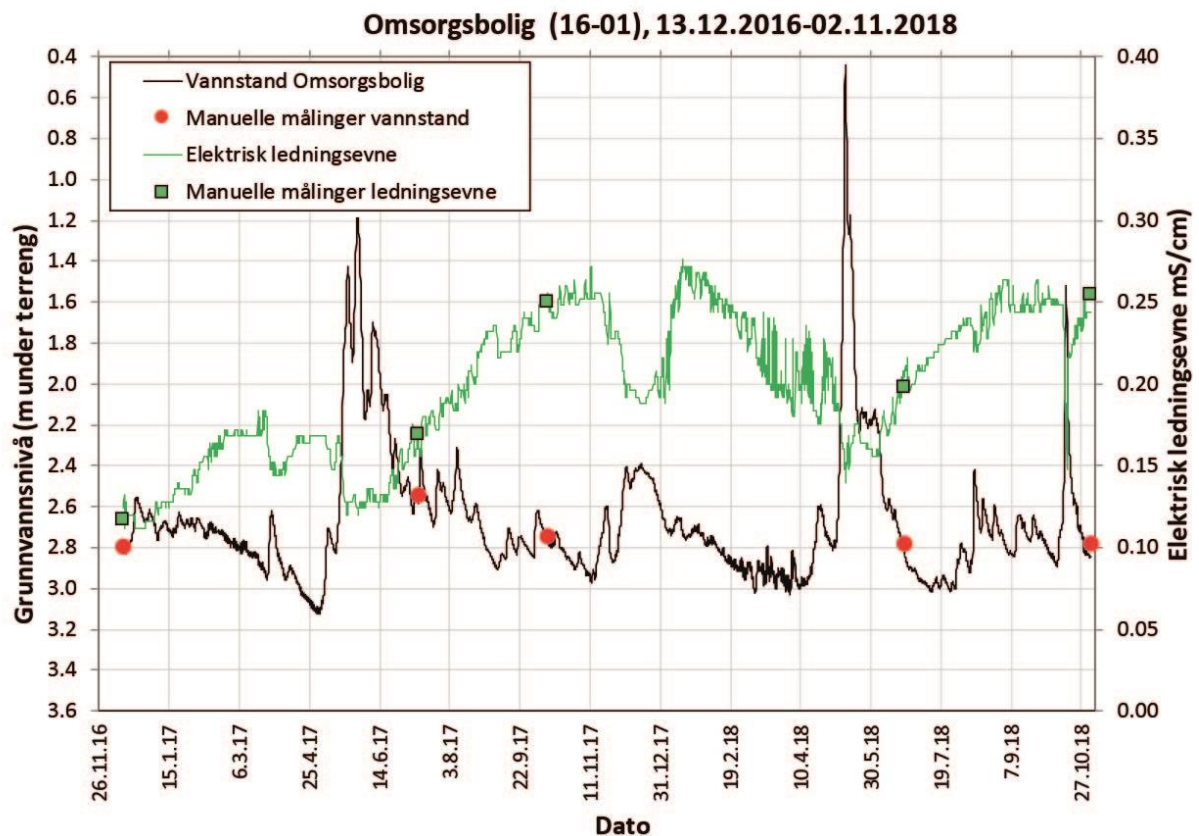


#### 4.4.3 Grunnvannets elektriske ledningsevne

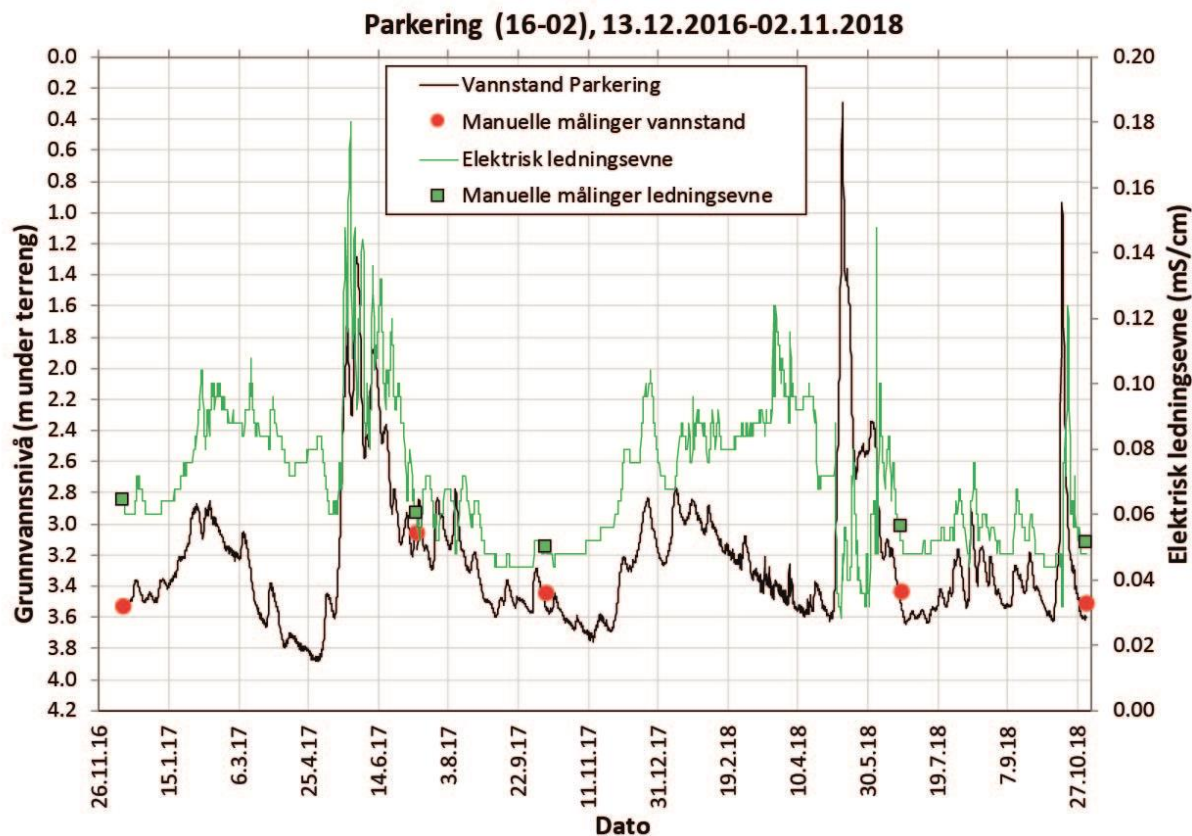
De automatiske målingene av grunnvannets elektriske ledningsevne i overvåkingsbrønnene viser at ledningsevne, og følgelig grunnvannets kjemiske sammensetning, kan variere mye over året.

Elektrisk ledningsevne i grunnvann ved omsorgsboligen (se Figur 18) varierer mellom 112  $\mu\text{S}/\text{cm}$  og 276  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Det er godt samsvar mellom grunnvannsnivå og elektrisk ledningsevne. Med få unntak så går elektrisk ledningsevne i vannet ned når grunnvannsnivået stiger (fortynning) og elektrisk ledningsevne øker når grunnvannsnivået synker.

Elektrisk ledningsevne i grunnvann ved parkeringen (se Figur 19) varierer mellom 28  $\mu\text{S}/\text{cm}$  og 180  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Dette er forholdsvis lave verdier for grunnvann og tyder på at vannet har liten oppholdstid i undergrunnen. I motsetning til grunnvann ved omsorgsboligen øker den elektriske ledningsevnen med stigende grunnvannsnivå og synker ved synkende grunnvannsnivå. Dette tyder på at Ottaelva har høyere ledningsevne enn grunnvann dannet fra lokal infiltrasjon av nedbør.



Figur 18: Grunnvannsnivå (meter under terreng) og elektrisk ledningsevne (mS/cm) i overvåkingsbrønn 16-01 (omsorgsbolig) fra desember 2016 til november 2018.



**Figur 19: Grunnvannsnivå (meter under terreng) og elektrisk ledningsevne (mS/cm) i overvåkingsbrønn 16-02 (parkering) fra desember 2016 til november 2018.**

#### 4.4.4 Strømningsforhold rund overvåkingsbrønnene

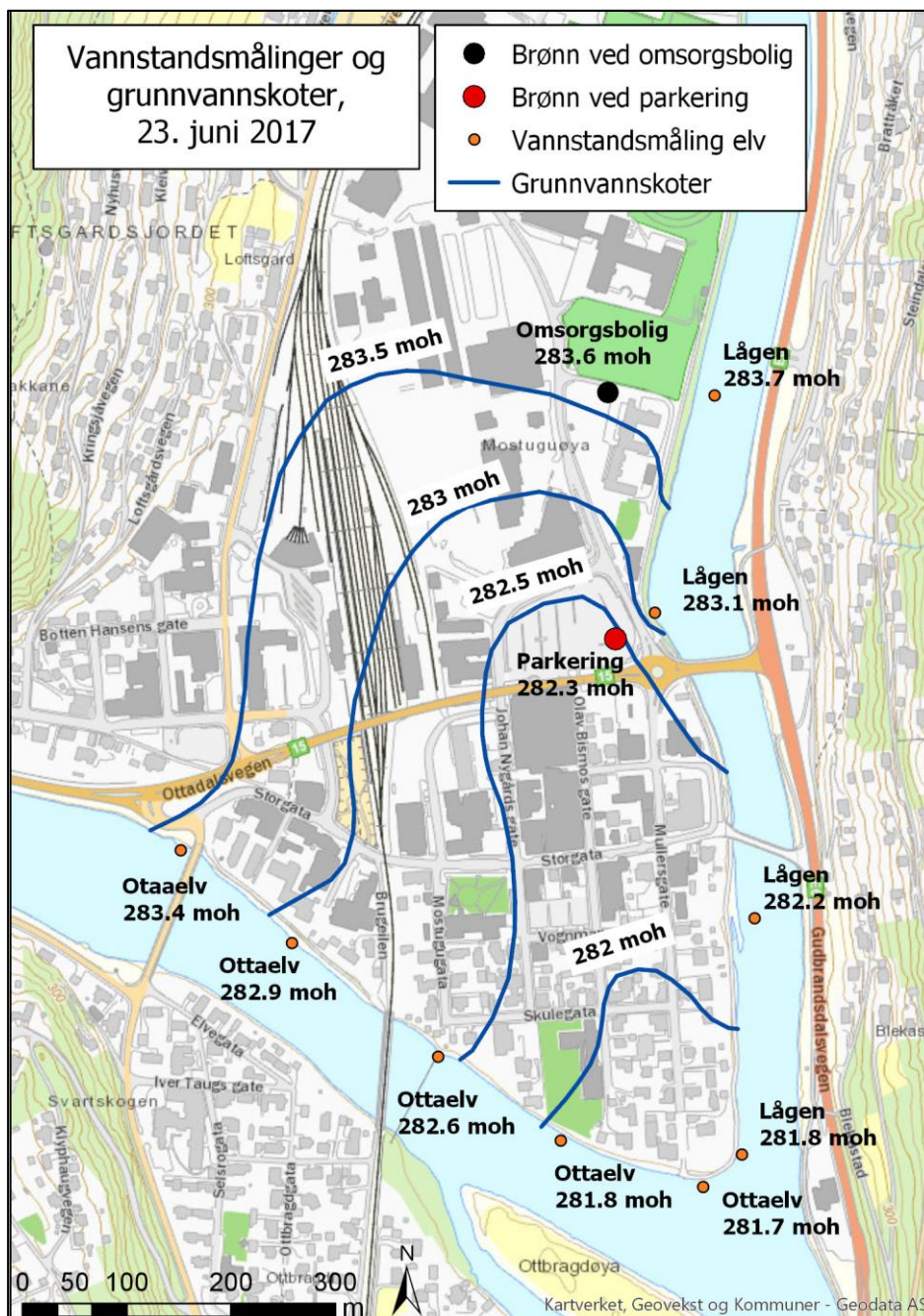
Måleresultatene fra de automatiske loggere som er plassert i brønnene ved omsorgsboligen og parkeringen tyder på veldig ulike hydrogeologiske forhold rundt brønnene.

Brønnen ved omsorgsboligen står i grove masser med gode vannføringsegenskaper. Endringer i grunnvannstemperatur er noe forsinket med årstidene (Figur 15) og elektrisk ledningsevne synker med økende vannstand (se Figur 18). Brønnen er plassert cirka 80 m fra Gudbrandsdalslågen og drenerer til elven. Figur 14 viser at massene har god hydraulisk kontakt med elven, slik at vannstand i brønnen stiger når det stiger i elven. Men denne effekten oppstår kun på grunn av trykkoppbygging som følge av økt vannivå i Lågen og ikke nødvendigvis infiltrasjon av elvevann til brønnområdet. Vannutskiftingen i akviferen i dette området er mindre enn i området ved parkeringsplassen ved at vanntilførsel kommer fra det nære nedbørsfeltet oppstrøms brønnen og får ikke tilført vann fra Ottaelva.

Brønnen ved parkeringen står også i grove masser og de grove massene fortsetter i dypet under brønnen. Brønnen er plassert i elveviften som ble avsatt av Ottaelven ut i Gudbrandsdalen. Endringer i grunnvannstand er i godt samsvar med endringer i vannstand i elvene (Figur 13 og Figur 14). Brønnen står kun 40 m fra Gudbrandsdalslågen og er over 400 m unna Ottaelven. Allikevel er variasjonen i grunnvannstanden mer lik nivåendringer i Ottaelven enn i Lågen. Dette blir spesielt synlig i november/desember 2017, da vannstand i både Ottaelven og brønnen stiger, men ikke i Gudbrandsdalslågen. Verdiene for elektrisk ledningsevne er lave (kortvarig kontakt med løsmassene) og følger endringer av grunnvannstand. Temperaturkurven er jevn, men ikke forsinket i forhold til årstider, noe som tyder på storutskifting av vannmasser og kort oppholdstid på grunnvannet i akviferen. Som

vist i Figur 13 er vannstand i Ottaelven høyere enn vannstand i brønnen ved parkeringen store deler av året. Dette viser at det ikke bare er en trykkbølge som kommer fra elven, men også tilførsel av vann. Også brønnen ved parkeringen vil motta vann fra det umiddelbare nedbørsfeltet vest for Otta, men sammenlignet med de store vannmengdene fra Ottaelven spiller dette tilsynelatende en underordnet rolle.

Strømningskartet for grunnvann i Figur 20 er gitt av vannstandsmålinger utført på omtrent samme tidspunkt i både brønnene og elvene. Gitt de store variasjonene i grunnvannsnivå og ellevannstand i løpet av overvåkingsperioden (se for eksempel Figur 12) vil strømningsbildet variere noe over tid. Det forventes allikevel at strømningsforholdene gitt i Figur 20 vil være representative for det generelle strømningsbilde i akviferen gjennom året, selv om strømningshastigheten vil kunne variere.



Figur 20: Grunnvannskotekart basert på vannstandsmålinger på formiddagen den 23.6.2017. Målingene ble gjort etter en flomperiode, der vannstand i elvene fortsatt er noe forhøyet i forhold til normalvannstand (se Figur 13 og Figur 14).

## 5. Vannprøvetaking og analyseresultater

I perioden desember 2016 til november 2018 ble det ved fem anledninger tatt ut vannprøver til fysikalske og kjemiske analyser fra de to prøvetakingsbrønnene. Det ble benyttet 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 2016 og 2017 ble vannprøvene analysert ved Eurofins mens vannprøvene fra 2018 ble analysert ved ALS. Begge laboratorier er akkreditert for de utførte vannanalysene.

I vedlegg 2 vises en sammenstilling av resultater fra samtlige utførte vannanalyser. Et stort utvalg av analyseresultater er også registrert i vannmiljødatabasen (<https://vanmiljo.miljodirektoratet.no/>).

I følgende avsnitt presenteres en vurdering av resultatene i henhold til den nasjonale listen over prioriterte stoffer (se Tabell 3 og Tabell 4). I vannforskriften (vedlegg IX) er det fastsatt terskelverdier for prioriterte stoffer som definerer grensen mellom god og dårlig kjemisk tilstand. Terskelverdiene for prioriterte stoffer har tatt utgangspunkt i drikkevannsforskriftens grenseverdier. Vendepunktverdien er en noe lavere fastsatt verdi for konsentrasjon av stoffer i grunnvannet. Disse verdiene er satt opp for å kunne fange opp og synliggjøre en eventuell negativ utvikling i kjemisk tilstand i grunnvannsförekomster.

**Tabell 2: Liste over prioriterte stoffer med tilhørende terskelverdier og vendepunktverdier for grunnvann (Vedlegg IX i vannforskriften).**

Substans	Enhet	Terskelverdi	Vendepunktverdi
Ammonium	µg/l	500	400
Arsen	µg/l	10	7.5
Bly	µg/l	10	7.5
Kadmium	µg/l	5	3.75
Klorid	mg/l	200	150
Kvikksølv	µg/l	0.5	0.4
Nitrat	mg NO <sub>3</sub> /l	50	37.5
Sulfat	mg/l	100	75
Bekjempningsmidler enkelt substans	µg/l	0.1	0.075
Bekjempningsmidler, sum	µg/l	0.5	0.4
Sum av Trikloretan og Tetrakloretan	µg/l	10	7.5

### 5.1 Standard fysikalske og kjemiske laboratorieanalyser

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 ble målt til under deteksjonsgrensen. Sammenlignet med naturlige bakgrunnsverdier for grunnvann (Seither et al., 2017) er nitrat-, klorid- og sulfatkonsentrasjonene noe forhøyet i enkelte vannprøver; noe som viser at grunnvannet er påvirket av urban aktivitet. For flere av forbindelsene er konsentrasjonene noe lavere i grunnvann ved parkeringsplassen enn ved omsorgsboligen, noe som forklares med hyppigere utskifting av grunnvann (se kapittel 4.4.4). Samtlige elementer og anorganiske forbindelser oppført på listen over prioriterte stoffer (vedlegg IX i vannforskriften) har konsentrasjoner under deteksjonsgrensen og/eller konsentrasjoner, som er betydelig lavere enn tilhørende vendepunktverdi.

**Tabell 3: 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
<b>Terskelverdi</b>		500	200	50	100	10	10	5	0.5
<b>Vendep.verdi</b>		400	150	37.5	75	7.5	7.5	3.74	0.4
<b>Omsorgsbolig</b>	13.12.2016	<10	3.63	2.3	9.35	< 0.2	< 0.2	< 0.01	< 0.005
	11.07.2017	<10	8.8	4.4	12.1	< 0.05	< 0.05	< 0.01	< 0.005
	11.10.2017	<11	14.3	9.0	17.8	< 0.05	< 0.05	< 0.01	< 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
<b>P-plass</b>	13.12.2016	<10	3.83	1.5	6.49	< 0.2	< 0.2	< 0.01	< 0.005
	11.07.2017	<10	1.48	1.0	6.24	0.092	< 0.05	< 0.01	< 0.005
	11.10.2017	<11	1.59	1.0	4.47	0.07	< 0.05	< 0.01	< 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	14	3	1.1	5	0.060	0.011	< 0.002	< 0.002

"-" = ikke analysert

## 5.2 Organiske miljøgifter

PAH- og flyktige organiske komponenter (BTEX-forbindelser og Dibrometan) ble påvist i to og henholdsvis fem vannprøver. Samlet sett er disse organiske forbindelsene kun påvist i meget lave konsentrasjoner. PAH-forbindelsen Naftalen ble påvist i en vannprøve i begge brønnene. 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).

Ut over dette ble det ikke påvist andre organiske miljøgifter i analyseprogrammet. Dette inkluderer trikloreten og tetrakloreten, som per i dag er de eneste organiske miljøgiftene som inngår i den prioriterte listen i henhold til vedlegg IV i vannforskriften.

**Tabell 4: Funn av PAH-forbindelsen Naftalen i to vannprøver og funn av BTEX-forbindelser og andre organiske komponenter (VOC). 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			
<b>Omsorgsbolig</b>	13.12.16	0.017	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.2	< 0.1	n.d.	< 0.1	
	11.07.17	< 0.01	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.2	< 0.1	n.d.	< 0.1	
	11.10.17	< 0.01	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.2	< 0.1	n.d.	< 0.1	
	23.06.18	< 0.03	0.49	4.3	0.2	0.38	0.17	5.54	-	
	02.11.18	< 0.03	< 0.02	0.096	< 0.02	-	0.079	0.18	-	
<b>P-plass</b>	13.12.16	0.013	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.2	< 0.1	n.d.	< 0.1	
	11.07.17	< 0.01	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.2	< 0.1	n.d.	< 0.1	
	11.10.17	< 0.01	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.2	< 0.1	n.d.	0.13	
	23.06.18	< 0.03	< 0.2	1.29	0.11	< 0.2	< 0.1	1.4	-	
	02.11.18	< 0.03	0.023	0.12	0.023	-	0.09	0.26	-	
	02.11.18	-	-	-	-	-	-	-	-	

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

### 5.3 Vurdering av vannprøvenes representativitet

Automatisk måling av grunnvannets elektriske ledningsevne i overvåkingsbrønnene ved begge brønnene viser at ledningsevne, og følgelig grunnvannets kjemiske sammensetning, kan variere mye over året.

Den elektriske ledningsevnen i grunnvann ved omsorgsboligen (se Figur 18) varierer mellom 112  $\mu\text{S}/\text{cm}$  og 276  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , og de fem grunnvannsprøvene som er tatt ut i overvåkingsperioden representerer perioder både med lav og høy elektrisk ledningsevne. Dermed forventes derfor at analyseresultatene for grunnvannsprøvene er representative for grunnvannets kjemiske sammensetning i denne brønnen i måleperioden. Den elektriske ledningsevnen i grunnvann ved parkeringen (se Figur 19) varierer mellom 28  $\mu\text{S}/\text{cm}$  og 180  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Ved alle prøvetakinger var den elektriske ledningsevnen  $\leq 60 \mu\text{S}/\text{cm}$  og dermed har det ikke vært mulig å fange opp dynamikken i vannkjemien ved denne brønnen.

## 6. Konklusjon og forslag til videre arbeid

Basert på den utførte kartleggingen og to år med overvåking av grunnvannskjemi i to overvåkingsbrønner, og i henhold til nasjonale terskel og vendepunktverdier for prioriterte stoffer (vedlegg IX i vannforskriften), har grunnvannsforekomst Otta «god kjemisk tilstand».

Grunnforurensinger og diverse mulige forurensningskilder som beskrevet i kapittel 2.3 er ikke tydelig sporbar i grunnvannskjemien. En viktig grunn til dette er hyppig utskifting av grunnvann med infiltrasjon av overflatevann både fra det umiddelbare nedbørsfeltet samt Ottaelva. Manglende vannanalyser fra perioder med relativ høy ledningsevne i overvåkingsbrønnen ved parkeringen knytter imidlertid noe usikkerhet til vurderingen av grunnvannets kjemiske tilstand i dette området av grunnvannsforekomsten. For bedre å kunne vurdere grunnvannets kjemiske tilstand ved typelokalitet Otta, bør det vurderes å utvide enkelte prøvetakingsrunder til å inkludere vannprøver fra både Ottaelven og Gudbrandsdalslågen.

På et mer overordnet nivå, så anbefales det en grunnleggende gjennomgang av regelverket, som gjelder for tilstandsvurderinger av grunnvannsforekomster. Samspill mellom grunnvann og overflatevann er vesentlig for vannkvalitet, vanntemperatur og ferskvannøkologi. Spesielt når det er frost i bakken og nedbøren faller som snø, er det i stor grad tilførsel av grunnvann som sørger for minstevannføring i elver og bekker. Denne minstevannføringen hindrer at vassdragene bunnfryser og gjør det levelig for fisk og andre vannlevende organismer gjennom vinteren. Grunnvannets kjemiske sammensetning kan dermed påvirke kjemien i overflatevann og dermed også påvirke det akvatiske miljøet. Terskelverdiene for prioriterte stoffer har tatt utgangspunkt i drikkevannsforskriftens grenseverdier. Med tanke på den mulige påvirkningen av det akvatiske miljøet vil det være relevant å diskutere, om alle eller enkelte stoffer i grunnvann bør vurderes i forhold til annet relevant regelverk, som for eksempel veileder M-608 (Miljødirektoratet, 2016) og i forhold til miljøfarlighetsverdier for plantevernmidler, som ble beregnet gjennom JOVA-programmet (Program for jord- og vannovervåking i landbruket). I M-608 inngår blant annet også grenseverdier for kobber og sink, som mange akvatiske organismer er sensitive overfor. Per i dag inndeles grunnvannsforekomster i kun to klasser for miljøtilstand, nemlig god miljøtilstand og dårlig miljøtilstand. For å kunne formidle et mer nyansert bilde av miljøtilstanden for enkelte grunnvannsforekomster etterlyses en tredje klasse i midten, som kan signalisere at en forekomst er i fare for å få dårlig tilstand. Det understrekes at grunnvannskjemien ved Otta er så god, at endringer av regelverket for tilstandsvurderinger, trolig ikke ville medføre at tilstandsklassen «god kjemisk tilstand» må revurderes.

## 7. Referanser

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

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

Grunnforurensingsdatabasen: <https://grunnforurensning.miljodirektoratet.no/>

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

Seither, A.; Gundersen, P.; Jæger, Ø.; Sæther, O.M. (2017). Landsomfattende mark- og grunnvannnett (LGN) – Fortid og fremtid etter 39 års drift. NGU-rapport 2016.039.

Stålproduksjon på Otta: <https://www.lalm.no/historien-om-lalm/barstad-klebermolle>

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

Vannmiljødatabasen: <https://vanmiljo.miljodirektoratet.no/>

## VEDLEGG

- 1) Protokoll for prøvetaking og feltmålinger for grunnvannskjemi ved NGU
- 2) Analyseresultater av grunnvannsprøver fra målestasjoner på Otta
- 3) Kornfordeling boringer
- 4) Siktekurver
- 5) Georadarundersøkelse - metodebeskrivelse
- 6) Georadaropptak





# Protokoll for prøvetaking og feltmålinger for overvåking av grunnvannskjemi ved NGU

*Gundersen, P.; Jæger, Ø.; Seither, A. Dagestad, A.*

Laget for geokjemi og hydrogeologi, NGU

*Versjon 1.6: (12.04.2019)*

**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 overvåking 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".  
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 overvåking av typeforekomster for grunnvann (tidligere ble den bruk kun til 325800-LGN)
3. Nye rutiner ift overgang til ekstern 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 utstyrsark.

## Innhold

<b>1</b>	<b><i>Forberedelser til feltarbeid</i></b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b><i>Dokumentasjon av vannprøvetaking</i></b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b><i>Rensing av brønnen</i></b> .....	<b>3</b>
3.1	<b>Løsmassebrønner</b> .....	<b>3</b>
3.2	<b>Fjellbrønner</b> .....	<b>3</b>
3.3	<b>Kilder</b> .....	<b>4</b>
<b>4</b>	<b><i>Prøvetakingsprosedyrer og analyseparametere</i></b> .....	<b>4</b>
4.1	<b>Flasker og prøveparameter</b> .....	<b>4</b>
4.2	<b>Rensing av utstyret</b> .....	<b>4</b>
4.3	<b>Prøvetaking</b> .....	<b>5</b>
4.4	<b>Filtrering</b> .....	<b>5</b>
4.5	<b>Konservering</b> .....	<b>6</b>
<b>5</b>	<b><i>Feltmålinger</i></b> .....	<b>6</b>
5.1	<b>Temperatur</b> .....	<b>6</b>
5.2	<b>pH</b> .....	<b>7</b>
5.3	<b>Alkalitet</b> .....	<b>7</b>
5.4	<b>Ledningsevne</b> .....	<b>7</b>
5.5	<b>Oksygeninnhold</b> .....	<b>8</b>
<b>6</b>	<b><i>Lagring og pakking av prøver</i></b> .....	<b>8</b>
<b>7</b>	<b><i>Bestilling av prøveflasker og labanalyser:</i></b> .....	<b>8</b>
7.1	<b>Bestilling av flasker:</b> .....	<b>9</b>
7.2	<b>Bestilling av analyser:</b> .....	<b>9</b>
<b>8</b>	<b><i>Kvalitetssikring</i></b> .....	<b>10</b>
<b>9</b>	<b><i>Ved ankomst på laboratoriet</i></b> .....	<b>10</b>

Vedlegg 1: Analyseportefølje – organiske analyser

Vedlegg 2: Analyseportefølje – plantevernmidler

Vedlegg 3: Analyseportefølje – ekstraparametere ved flyplasser (PFAS)

Vedlegg 4: Feltskjema

## 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 pakkeliste 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. Egnet 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  $\mu\text{m}$ ) 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  $\text{O}_2$ -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 vann-nivået 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 parametere 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, NO<sub>2</sub>, Br, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, SO<sub>4</sub>

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

Prøvene tas i de flaskesett som er tilsendt og kvalitetssikret av det laboratoriet som skal benyttes til analysene.

For typeforekomst-prosjektet benyttes i tillegg et antall (i hovedsak) organiske analyseparametere, som er ulik for de ulike prøvene. Se parametere i vedleggene 1-3.

Følgende parametere ble fjernet fra analyseporteføljen for begge prosjektene, med virkning fra og med 2018:

Ag Be Ce Ga Ho I In La Nb Nd Rb Sc Sm Ta Th Tl W Y Yb Zr

Mindre justeringer i portefølje 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. Disse flaskene tas deretter med til bil og prøver filtreres ut under bilens bakluke (mest mulig rene, regnfrie og vindfrie forhold) vha. 0.45 µm disk-filtre, sammen med en polyeten sprøyte. Det brukes underlag av plastmateriale under laboratoriearbeidet, og eventuelt vannsøl tørkes vekk med papir.

Protokoll for prøvetaking og feltmålinger for overvåking av grunnvannskjemi ved NGU

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 forrige filter har klogget igjen) må det skylles gjennom med minimum 20 ml før fylling av prøvetakingsflasken.

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.

Flaskene 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 plasthansker 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). Det brukes engangshansker ved berøring av flaskene for kationanalyser.

### 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 begrunne 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)

Filtre 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<sub>3</sub> til konservering av kationprøvene og gjennom surgjøringen bør pH-verdien senkes til <2. Som tommelfingerregel tilsettes 5 dråper syre til 50 ml vannprøve. Ufiltrerte prøver skal ikke surgjøres ettersom syren kan oppløse deler av partiklene som er til stede.

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.

### 5 Feltmålinger

Det stilles samme krav til pumpetid av brønnen før *feltmålinger* som før *prøvetaking* (omtalt i kapittel 3). Før man tar en endelig avlesning, bør vannet ha minimum en stabil temperatur. Instrumentetene 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<sub>2</sub>-innhold er også utfordrende. Vann fra pumpe bør i slike tilfeller ledes mest mulig direkte inn mot målesensoren på O<sub>2</sub>-elektrodem 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). Cirka lufttemperatur måles med håndholdt termometer eller bilens temperaturmåler.

## 5.2 pH

Under transport og lagring kan CO<sub>2</sub> avgasse fra vannprøvene. Dette kan medføre endringer i pH, og i mindre grad alkalitet, særlig i prøver med lavt ioneinnhold. Derfor måles pH og alkalitet også i felt.

pH måles med elektronisk pH-meter som må kalibreres i felt. For enkle pH-metere ("Hanna") brukes pH= 4 og pH= 7 for sure vannprøver, eller pH= 7 og pH = 10 for alkaliske vannprøver. For det noe mer avanserte instrumentet (ThermoFisher Orion Star™ A221 pH Portable Meter/ Ross Ultragel Triode 8107UWMMD) som ble tatt i bruk i 2017 brukes tre kalibreringsløsninger på pH ~4.00, 7.00 og 10.00 (jf instrumentenes bruksanvisninger). De pH-metre som brukes pr 2018 tar automatisk hensyn til temperatur under kalibreringer og målinger. NGU bruker bufferløsningene fra en ferdigløst "batch" fra leverandør. Kalibrering mot bufferløsninger bør finne sted 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. Ved instrumentfeil eller andre unntak i felt *kan* vannprøver som er tappet til senere laboratorieanalyser brukes til feltmålinger, men da må liten mengde delprøve helles av til dette, ellers kan spor av konserverings- eller elektrodevæske forurense prøven. Enkelte elektroder er lysfølsomme og alle kalibreringer og målinger foretas derfor i skygge, uten direkte sollys.

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 hjelp av titrering med syre. Alkaliteten defineres som den mengden syre (i meq/l) som må tilsettes for å senke pH til en bestemt verdi. Fra 2018 blir det benyttet Hach testkit for alkalitet (Digital Titrator Model 16900). 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 (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> + CO<sub>3</sub><sup>-</sup>).
- p-alkalitet ved titrering til pH = 8.2 (fenolphthalein indikator). Dette er et grovt mål på karbonationer i løsningen (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>).

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

Fram til og med 2017 ble det brukt Aquamerck 11109 testkit for alkalitet. Om bruken av dette skulle gjenopptas finnes prosedyrene i versjon 1.5 av herværende protokoll.

## 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 kommer ut av kilden.

Oksygeninnhold måles i mg/l med elektronisk O<sub>2</sub>-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. Av samme grunn må målinger i kilder foretas i punktet der vannet kommer fram i dagen.

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

Av hensyn til målesonden bør det ikke gjøres målinger i vann som har høy turbiditet.

## 6 Lagring og pakking av prøver

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

- i. å lagre dem i kjøleskapet
- ii. å lagre dem i en kjølebag
- iii. 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. Unngå å transportere prøvene i passasjerdelen av bilen.

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.

## 7 Bestilling av prøveflasker og labanalyser:

For bestilling av ferdig merkede flasker og bestilling av analyser for en hel feltsesong (med prøveliste og spesifisert analyseparametere) benyttes én og samme fil.

For hver feltsesong lages det enfil-mal som lagres med nytt navn i en egen mappe. Denne nye filen skal inneholde alle skjema og prosedyrer som er nødvendig for å bestille ferdig merkede prøveflasker samt å lage bestillingsskjema for analyse av alle forsendelsene for denne sesongen.



Protokoll for prøvetaking og feltmålinger for overvåking av grunnvannskjemi ved NGU

Samme fil brukes både til LGN og til Typeforekomst-prosjektet. Følgende prosedyre viser hvordan dette gjøres i 2018, men tilpasninger vil gjøres ved eventuelt skifte av laboratorieleverandør.

## 7.1 Bestilling av flasker:

A. Først henter man filmalen:

I mappen: Grunnvann\ 366500\_Basis...\0\_Fellesfiler...\  
Åpne filen: MAL\_\_\_BestillingFlaskerOgAnalyser\_v04'

B. "Lagre som" til følgende mappe, og navngi som de eksisterende filene i mappen (år mnd osv.)

Mappe: Grunnvann\ 366500\_Basis...\ 0\_Felles...\ A\_Konkrete...

C. Følg instruksjonene i filens første fane (ProsedyreFlaskebestilling). NB: husk å skifte til nye unike NGU prøvenumre samt legge inn korrekt feltsesong før du bestiller.

## 7.2 Bestilling av analyser:

Før avreise hentes den filen som ble lagret ovenfor og brukt til å bestille ferdig merkede flasker.

Bestillingsskjema for analyser skal nå finnes som tre av fanene i denne filen:

*For 366500 Typeforekomstprosjektet – følgende faner*

S1\_TypeAnalysebestilling  
S2\_TypeAnalysebestilling  
S3\_TypeAnalysebestilling

*For 325800 LGN-prosjektet – følgende faner*

S1\_LGNAlysebestilling  
S2\_LGNAlysebestilling  
S3\_LGNAlysebestilling

**NB:** Det er viktig at de prøvenumre og prøvenavn som blir brukt under *bestillingen av flasker* stemmer med de i *bestillingsskjemaet for analyser*. Så lenge ingen lokaliteter endres skal dette gå av seg selv (cellene for Unikt NGU prøvenummer er linket) men det bør sjekkes for å sikre at prøveflaskenes nummer samsvarer med analysebestilling og senere -rapportering.

Ved avreise til feltarbeid: Papirutskrift av de tre fanene S1.. S2...S3 må tas med i tilstrekkelig antall for forsendelse sammen med prøvene (minimum ett skjemasett for ca hver 5. prøve).

Protokoll for prøvetaking og feltmålinger for overvåking av grunnvannskjemi ved NGU

*Før hver forsendelse* krysser en ut hvilke av prøvene som er med i gjeldende forsendelse og legger inn prøvetakingsdato for alle prøvene (side 2). Bestillingsskjemaene legges i plastpose som igjen legges sammen med flaskene i forsendelsen.

Adresse, foretrukket forsendelsestype og opplysninger til lab om surgjøring osv. er ferdig utfylt i disse skjemaene. Laboratoriet sender vanligvis med ferdig frankert adresselapp for forsendelsene. De fleste post-i-butikk kan ta imot og levere kvittering på forsendelsene. Kvitteringen tas vare på i samme mappe som adresselappene.

## **8 Kvalitetssikring**

Under hver feltsesong tas det for hver av typelokalitetsprosjektet og LGN:

2 (eller flere) blankprøver  
5 dublettprøver

Kvalitetssystemet er for øvrig under revisjon (2019).

## **9 Ved ankomst på laboratoriet**

De akkrediterte laboratorier som benyttes forventes å ha tilstrekkelige rutiner for korrekt mottak, lagring og konservering av innkomne prøver. Info om minimumslagring mellom surgjøring og analyse av kationer (24 timer) blir angitt av oss i bestillingsark.

Vedlegg 1: Organiske analyser (Typeforekomstprosjektet-urbane lokaliteter-oppdateret 2017)

**THC comp. e.g.**

THC >C5-C8

THC >C8-C10

THC >C10-C12

THC >C12-16

THC >C16-35

**PAH comp. e.g.**

Naphthalene

Acenafthylene

Acenafthene

Fluorene

Fenanthrene

Anthracene

Fluoranthene

Pyrene

Benzo(a)anthracene

Krysen/triphenylene

Benzo(b)fluoranthene

Benzo(k)fluoranthene

Benzo(a)pyrene

Indeno(1,2,3-cd)pyrene

Dibenzo(a,h)anthracene

Benzo(ghi)perylene

**Xylene comp. e.g.<sup>d</sup>**

Benzene

Toulene

Ethylbenzene

m,p-Xylene

o-Xylene

**Halogenated/chlorinated comp. e.g.<sup>d</sup>**

Dichloromethane

Trichloromethane

1,1,1-Trichloroethane

Tetrachloroethane\*

1,2-Dichloroethane

Trichloroethene

1,1,2-Trichloroethane

Tetrachloroethene (PER)

1,2-Dibromoethane

\*1,1,1,2-Tetrachloroethane

\*1,1,2,2-Tetrachloroethane

Vedlegg 2: Pesticider (Typeforekomstanalyser - Landbrukslokalteter – oppdatert 2018)

Polare ugrasmidler (NIBIO, M15)	Polare_ugrasmidler
Plantevernmidler (NIBIO, M101)	pesticid_M101
Plantevernmidler, Propiconazole (NIBIO, M101)	Propiconazole_M101
Plantevernmidler, Thiabendazole (NIBIO, M101)	Thiabendazole_M101
Glyfosat AMPA (NIBIO, M59)	Glyfosat_AMPA_M59
Metribuzin (NIBIO, M76)	Metribuzin_M76
Metribuzin_DK	Metribuzin_DK
Metribuzin_DADK	Metribuzin_DADK
Lavdosemidler (NIBIO, M72)	Lavdosemidler_M72
Lavdosemiddel_IN70941 (NIBIO, M72)	Lavdosemiddel_IN70941_M72
Lavdosemiddel_IN70942 (NIBIO, M72)	Lavdosemiddel_IN70942_M72
Lavdosemiddel_INL5296 (NIBIO, M72)	Lavdosemiddel_INL5296_M72
Lavdosemiddel_INA4098 (NIBIO, M72)	Lavdosemiddel_INA4098_M72

## Vedlegg 3: PFOS (Typeforekomst-analyser som foretas nær flyplasser).

Listen omfatter målinger i 2017. Analysene i 2018 omfatter noe færre parametere.

Sulfid-S	Sulfid_S_
4:2 Fluortelomersulfonat (FTS)	FTS42
6:2 Fluortelomer sulfonat (FTS) (H4PFOS)	FTS62
8:2 Fluortelomersulfonat (FTS)	FTS82
7H-Dodekafluorheptansyre (HPFHpA)	HPFHpA
Perfluor -3,7-dimetyloktansyre (PF-3,7-DMOA)	PF37DMOA
Perfluordekansyre (PFDeA)	PFDeA
Perfluorbutansyre (PFBA)	PFBA
Perfluorbutansulfonat (PFBS)	PFBS
Perfluordodekansyre (PFDoA)	PFDoA
Perfluortridekansyre (PFTTrA)	PFTTrA
Perfluordekansulfonsyre (PFDS)	PFDS
Perfluorheptansyre (PFHpA)	PFHpA
Perfluorheptansulfonat (PFHpS)	PFHpS
Perfluorheksansyre (PFHxA)	PFHxA
Perfluorheksadekansyre (PFHxDA)	PFHxDA
Perfluorheksansulfonat (PFHxS)	PFHxS
Perfluornonansyre (PFNA)	PFNA
Perfluoroktansyre (PFOA)	PFOA
Perfluoroktylsulfonat (PFOS)	PFOS
Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)	PFOSA
Perfluorpentansyre (PFPeA)	PFPeA
Perfluortetradekansyre (PFTA)	PFTA
Perfluorundekansyre (PFUnA)	PFUnA
N-etylperfluoroktansulfonamid (EtFOSA)	EtFOSA
N-etylperfluoroktansulfonamid-HAc (EtFOSAA)	EtFOSAA
N-etylperfluoroktansulfonamidetanol (EtFOSE)	EtFOSE
N-metylperfluoroktansulfonamid-HAc (MeFOSAA)	MeFOSAA
N-metylperfluoroktansulfonamidetanol (MeFOSE)	MeFOSE
N-metylperfluoroktansulfonamid (MeFOSA)	MeFOSA
Perfluoroktansulfonamid-HAc (FOSAA)	FOSAA
Sum PFAS	Sum_PFAS
PFOS lineær	PFOS_lin
PFOS forgrenet	PFOS_branch
PFOA lineær	PFOA_lin
PFOA forgrenet	PFOA_branch
PFHxS lineær	PFHxS_lin
PFHxS forgrenet	PFHxS_branch
PFOSA lineær	PFOSA_lin
PFOSA forgrenet	PFOSA_br

## Vedlegg 4: Feltskjema.

## Landsomfattende grunnvannsnett

LGN-stasjon nummer  Navn

Rør-/kildenummer  Type

Dato  Ankomsttid  Avreisetid  Kjørt fra  Kjøretid (t)  Avstand (km)

Vær  Lufttemp. (oC)

Utført av

Sone  ØV-kordinater  NS-kordinater  EPE (m)  DO (mg/L)

Vannstand fra topp rør (m)  Høyde rør over bakken (m)  Vannstand under bakken (m)  Dybde rør (m)

Kommentarer til stasjonen

Uttaksmetode  Pumpetype  Pumpetid (min)  Volum(L)  Kapasitet (L/min)

Vanntemp. (oC)  Ledningsevne (uS/cm)  pH  Snitt alkalitet (mmol/L)

Vannprøve merket   Filtrert  Surgjort

Kommentarer til vannprøven (lukt, utseende, filter)

Antall bilder  Første bildenummer

Spyling av rør, kalibrering og annet vedlikehold

Dato vannprøve levert lab  Unikt prøvenummer

		Terskelverdi	Vendepunktverdi	Omsorgsbolig					Parkering					
ØV	32N													
NS	32N													
Prøvetakingsdato				13.12.16	11.7.17	11.10.17	23.6.18	2.11.18	13.12.16	11.7.17	11.10.17	23.6.18	2.11.18	02.11.18 (dublett)
<b>Fysikalske parameter målt i felt</b>														
Elektrisk ledningsevne	µS/cm			116.9	169.3	250	197.9	255	64.4	60	49.7	56.2	50.8	-
pH	pH			6.3	6	6.62	6.8	6.61	6.2	6.5	6.57	7.8	6.69	-
Total Alkalinitet	mmol/l			0.7	0.9	1.4		1.17	0.2	0.3	0.2		0.25	-
Løst oksygen (DO)	mg/l			10.04	6.3	3.9	6.11	2.93	11.74	6.74	9.35	6.28	8.7	-
<b>Fysikalske parameter målt på Analysecenteret eller hos ALS</b>														
pH				6.9	6.7	6.8	6.8	7	6.8	6.7	6.8	6.9	6.9	7
total Alkalitet	mmol/l			0.73	1	1.4	1.1	1.15	0.3	0.36	0.29	0.32	<0.30	<0.30
Elektrisk ledningsevne	mS/m			11.5	15.5	25.5	21.4	28.7	6.4	5.8	5.1	5.89	5.05	5.03
Farge				1	<1	<1	<2	<2	2	3	2	2	3	3
Turbiditet	FNU			0.47	0.4	0.32	0.12	0.05	2.1	0.11	0.12	0.1	0.15	0.1
<b>Ammonium, målt på Analysecenteret eller hos ALS</b>														
NH4-N	µg/l	500	400	<10	<10	<11	4	0.014	<10	<10	<11	<3	0.01	0.014
<b>Anioner, målt med ionekromatograf på Analysecenteret eller hos ALS</b>														
Fluorid	mg/l			0.039	0.031	<0.025	<0.200	0.056	0.026	0.052	0.033	<0.200	0.049	0.052
Klorid	mg/l	200	150	3.63	8.8	14.3	11.5	17	3.83	1.48	1.59	1.41	3	3
Nitritt	mg/l			-	-	-	<0.001	0.0031	-	-	-	0.007	0.0027	0.0028
Bromid	mg/l			-	<0.5	-	<0.50	<0.50	-	<0.5	-	<0.50	<0.50	<0.50
Nitrat	mg NO3/l	50	37.5	2.34	4.42	8.98	6.90	9.90	1.50	0.97	0.97	1.00	1.10	1.10
Fosfat	mg PO4/l			0.010	0.009	0.006	0.011	0.015	0.019	0.036	0.018	0.037	0.028	0.028
Sulfat	mg/l	100	75	9.35	12.1	17.8	16	19	6.49	6.24	4.47	5	5	5

Vedlegg 2, side 2 av 4  
 Analyseresultater av grunnvannsprøver fra målestasjoner på Otta

Prøvetakingsdato	Terskelverdi	Vendepunktverdi	Omsorgsbolig					Parkering						
			13.12.16	11.7.17	11.10.17	23.6.18	2.11.18	13.12.16	11.7.17	11.10.17	23.6.18	2.11.18	02.11.18 (dublett)	
<b>Kationer, målt hos Eurofins, ALS eller på NGU-lab</b>														
Aluminium	µg/l		<20	<2	<2	1.2	1.64	<20	6.1	5.2	5.35	4.97	4.9	
Antimon	µg/l		<5	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<5	0.059	0.042	0.050	0.026	0.025	
Arsen	µg/l	10	7.5	<0.20	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.20	0.092	0.07	0.079	0.064	0.060
Barium	mg/l		46.3	67.2	101	79.9	106	16.8	15.6	13.7	28.9	15.8	16.8	
Beryllium	µg/l		<1	<0.01	<0.01	-	-	1	<0.01	<0.01	-	-	-	
Bly	µg/l	10	7.5	<0.20	<0.05	<0.05	0.0193	0.0178	<0.20	<0.05	<0.05	0.0162	<0.01	0.011
Bor	µg/l		<20	<5	8.2	<10	<10	<20	<5	<5	<10	<10	<10	
Cerium	µg/l		<20	<0.01	0.033	-	-	<20	0.285	0.196	-	-	-	
Cesium	µg/l		-	0.0096	0.016	<0.03	<0.03	-	0.0037	0.003	<0.03	<0.03	<0.03	
Jern	mg/l		<0.002	<0.002	<0.002	0.0006	0.0016	0.0022	0.0047	<0.002	0.0020	0.0022	0.0016	
Kadmium	µg/l	5	3.75	<0.010	<0.03	<0.03	<0.002	<0.002	<0.010	<0.03	<0.03	<0.002	<0.002	<0.002
Kalium	mg/l		1.59	1.89	2.45	2.27	2.64	0.89	1.13	0.88	1.28	0.873	0.846	
Kalsium	mg/l		15.6	22.8	34	27.8	35.4	7.59	7.01	5.87	7.12	6.47	6.2	
Kobber	µg/l		<0.50	0.37	0.32	0.38	0.488	1.3	1.8	1.1	0.9	0.801	0.796	
Kobolt	µg/l		<1	0.02	0.026	0.0174	0.0531	<1	0.033	0.022	0.0106	0.0231	0.0218	
Krom	µg/l		<0.50	0.2	0.21	0.226	0.22	<0.50	0.18	<0.1	0.126	0.107	0.105	
Kvikksølv	µg/l	0.5	0.4	<0.005	<0.005	<0.005	<0.002	<0.002	<0.005	<0.005	<0.005	<0.002	<0.002	<0.002
Lantan	µg/l		<5	0.182	0.33	-	-	<5	0.406	0.353	-	-	-	
Litium	µg/l		-	<0.5	<0.5	0.067	0.042	-	<0.5	<0.5	<4	0.064	0.089	
Magnesium	mg/l		2.09	3.17	4.8	3.76	4.79	1.1	0.98	0.86	0.902	0.842	0.808	
Mangan	mg/l		<1	<1	<1	<0.03	0.085	<1	<1	<1	0.243	0.135	0.13	
Molybden	µg/l		<5	<0.2	<0.2	0.145	0.197	<5	<0.2	<0.2	0.22	0.151	0.149	
Natrium	mg/l		1.94	2.65	4.21	3.57	4.92	1.68	1.62	1.18	1.91	1.66	1.62	
Nikkel	µg/l		0.59	0.32	0.5	0.15	0.737	0.99	0.98	0.57	0.739	0.829	0.795	
Rubidium	µg/l		-	2.77	3.88	-	-	-	1.76	1.44	-	-	-	
Scandium	mg/l		<0.001	<0.001	<0.001	-	-	<0.001	<0.001	<0.001	-	-	-	
Selen	µg/l		<1	<1	<1	<0.5	<0.5	<1	<1	<1	<0.5	<0.5	<0.5	
Silisium	mg/l		1.79	2.36	2.65	2.42	2.67	1.68	1.7	1.76	1.8	1.98	1.92	
Sink	µg/l		<2	2.4	4.4	1.79	1.44	<2	3.2	1.9	2.81	1.27	1.31	
Strontium	mg/l		57.6	84.3	124	108	140	28	23.9	21.8	28.4	25.9	24.8	
Sølv	mg/l		<0.005	<0.005	<0.005	-	-	<0.005	<0.005	<0.005	-	-	-	
Thorium	µg/l		-	<0.02	<0.02	-	-	-	<0.02	<0.02	-	-	-	
Titan	mg/l		<1	<1	<1	0.038	0.0062	<1	<1	<1	0.033	0.032	0.051	
Uran	µg/l		-	0.173	0.330	0.237	0.314	-	0.045	0.047	0.048	0.039	0.042	
Vanadium	µg/l		<5	0.043	0.046	0.0592	0.0583	<5	0.18	0.105	0.156	0.1	0.0979	
Vismut	µg/l		-	-	-	<0.005	<0.005	-	-	-	<0.005	<0.005	<0.005	
Yttrium	mg/l		<0.001	<0.001	<0.001	-	-	<0.001	<0.001	<0.001	-	-	-	
Zirkonium	mg/l		<0.002	<0.002	<0.002	-	-	<0.002	<0.002	<0.002	-	-	-	



Prøvetakingsdato	Terskelverdi	Vendep.verdi	Omsorgsbolig					Parkering						
			13.12.16	11.7.17	11.10.17	23.6.18	2.11.18	13.12.16	11.7.17	11.10.17	23.6.18	2.11.18	02.11.18 (dublett)	
<b>Totale hydrokarboner, målt hos Eurofins eller ALS</b>														
THC >C5-C8	µg/l		<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	-
THC >C6-C8	µg/l		-	-	-	<5.0	<5.0	-	-	-	<5.0	<5.0	-	
THC >C8-C10	µg/l		<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	-	
THC >C10-C12	µg/l		<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	-	
THC >C12-16	µg/l		<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	-	
THC >C16-35	µg/l		<20	<20	<20	<30	<30	<20	<20	<20	<30	<30	-	
THC >C35-40	µg/l		-	-	-	<10	<10	-	-	-	<10	<10	-	
SUM THC (>C5-C35)			n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	
SUM THC (>C5-C40)			n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	
SUM THC (>C12-C35)			n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	
SUM THC (>C10-C40)			n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	
<b>PAH 16 EPA, målt hos Eurofins eller ALS</b>														
Naftalen	µg/l		0.017	<0.01	<0.01	<0.03	<0.03	0.013	<0.01	<0.01	<0.03	<0.03	-	
Acenaftylen	µg/l		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	
Acenaften	µg/l		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	
Fluoren	µg/l		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	
Fenantren	µg/l		<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02	-	
Antracen	µg/l		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	
Fluoranten	µg/l		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	
Pyren	µg/l		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	
Benzo(a)antracen	µg/l		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	
Krysen/Trifenylen	µg/l		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	
Benzo(b)fluoranten	µg/l		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	
Benzo(k)fluoranten	µg/l		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	
Benzo(a)pyren	µg/l		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l		<0.002	<0.002	<0.002	<0.01	<0.01	<0.002	<0.002	<0.002	<0.01	<0.01	-	
Dibenzo(a,h)antracen	µg/l		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	
Benzo(ghi)perylene	µg/l		<0.002	<0.002	<0.002	<0.01	<0.01	<0.002	<0.002	<0.002	<0.01	<0.01	-	
Sum PAH(16)EPA	µg/l		0.017	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.013	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	

Prøvetakingsdato	Terskelverdi	Vendep.verdi	Omsorgsbolig					Parkering						
			13.12.16	11.7.17	11.10.17	23.6.18	2.11.18	13.12.16	11.7.17	11.10.17	23.6.18	2.11.18	02.11.18 (dublett)	
<b>PCB, målt hos Eurofins</b>														
PCB 28	µg/l		<0.01	<0.01	<0.01	-	-	<0.01	<0.01	<0.01	-	-	-	
PCB 52	µg/l		<0.01	<0.01	<0.01	-	-	<0.01	<0.01	<0.01	-	-	-	
PCB 101	µg/l		<0.01	<0.01	<0.01	-	-	<0.01	<0.01	<0.01	-	-	-	
PCB 118	µg/l		<0.01	<0.01	<0.01	-	-	<0.01	<0.01	<0.01	-	-	-	
PCB 138	µg/l		<0.01	<0.01	<0.01	-	-	<0.01	<0.01	<0.01	-	-	-	
PCB 153	µg/l		<0.01	<0.01	<0.01	-	-	<0.01	<0.01	<0.01	-	-	-	
PCB 180	µg/l		<0.01	<0.01	<0.01	-	-	<0.01	<0.01	<0.01	-	-	-	
Sum 7 PCB	µg/l		n.d.	n.d.	n.d.	-	-	n.d.	n.d.	n.d.	-	-	-	
<b>BTEX, målt hos Eurofins eller AES</b>														
Benzen	µg/l		<0.1	<0.1	<0.1	<b>0.49</b>	<0.02	<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	<b>0.023</b>	-	
Toulen	µg/l		<0.1	<0.1	<0.1	<b>4.3</b>	<b>0.096</b>	<0.1	<0.1	<0.1	<b>1.29</b>	<b>0.12</b>	-	
Etylbenzen	µg/l		<0.1	<0.1	<0.1	<b>0.2</b>	<0.02	<0.1	<0.1	<0.1	<b>0.11</b>	<b>0.023</b>	-	
m,p-Xylen	µg/l		<0.2	<0.2	<0.2	<b>0.38</b>	-	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	-	-	
o-Xylen	µg/l		<0.1	<0.1	<0.1	<b>0.17</b>	<b>0.079</b>	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<b>0.09</b>	-	
Xylener (sum)	µg/l		n.d.	n.d.	n.d.	<b>0.55</b>	<b>0.079</b>	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<b>0.26</b>	-	
BTEX (sum)	µg/l		n.d.	n.d.	n.d.	<b>5.54</b>	<b>0.18</b>	n.d.	n.d.	n.d.	<b>1.4</b>	<b>0.09</b>	-	
<b>Flyktige organiske komponenter (VOC 9), målt hos Eurofins eller ALS</b>														
Diklormetan	µg/l		<0.1	<0.1	<0.1	<2.0	<2.0	<0.1	<0.1	<0.1	<2.0	<2.0	-	
Triklormetan (kloroform)	µg/l		<0.1	<0.1	<0.1	<0.3	<0.3	<0.1	<0.1	<0.1	<0.3	<0.3	-	
1,1,1-Trikloretan	µg/l		<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	-	
Tetrakloretan	µg/l		<0.1	<0.1	<0.1	-	-	<0.1	<0.1	<0.1	-	-	-	
1,2-Dikloretan	µg/l		<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	<0.5	-	
Trikloreten	µg/l		<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	-	
1,1,2-Trikloretan	µg/l		<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	<0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	<0.2	-	
Tetrakloretan (PER)	µg/l		<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	<0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	<0.2	-	
1,2-Dibrometan	µg/l		<0.1	<0.1	<0.1	-	-	<0.1	<0.1	0.13	-	-	-	
Tetraklormetan	µg/l		-	-	-	<0.1	<0.1	-	-	-	<0.1	<0.1	-	
1,1-Dikloretan	µg/l		-	-	-	<0.1	<0.1	-	-	-	<0.1	<0.1	-	
cis-1,2-Dikloretan	µg/l		-	-	-	<0.1	<0.1	-	-	-	<0.1	<0.1	-	
trans-1,2-Dikloretan	µg/l		-	-	-	<0.1	<0.1	-	-	-	<0.1	<0.1	-	
1,2-Diklorpropan	µg/l		-	-	-	<1.0	<1.0	-	-	-	<1.0	<1.0	-	
Vinylklorid	µg/l		-	-	-	<1.0	<1.0	-	-	-	<1.0	<1.0	-	

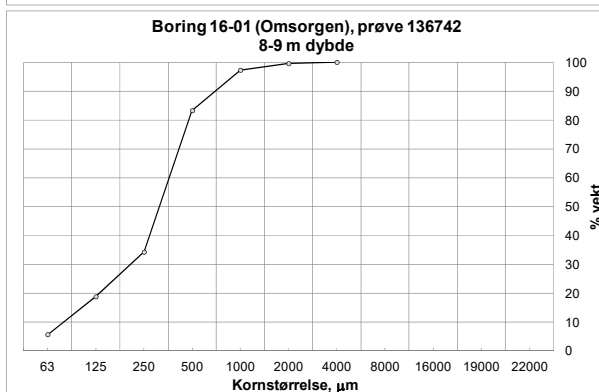
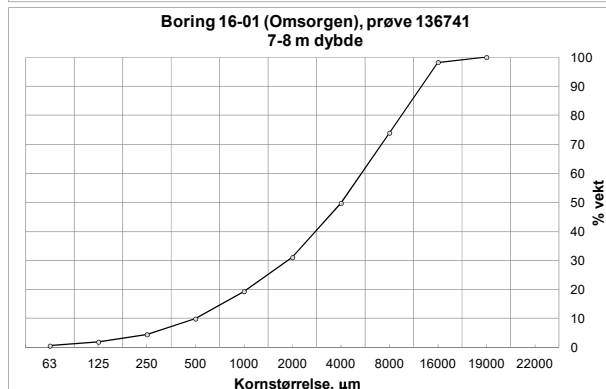
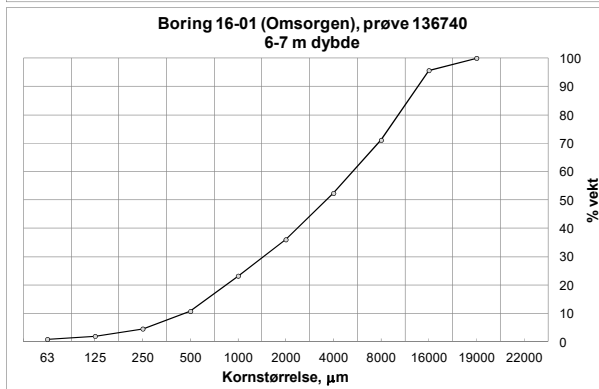
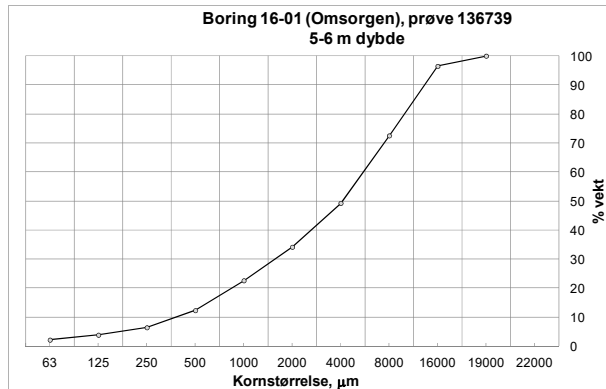
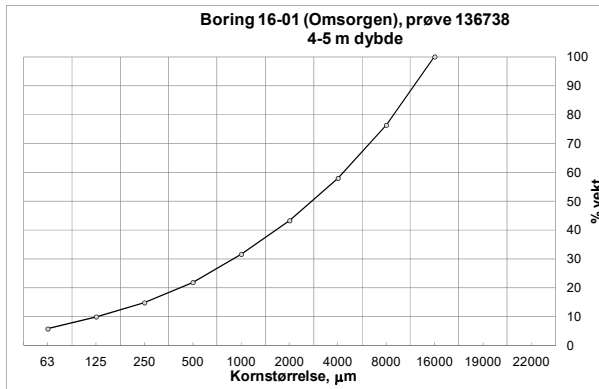
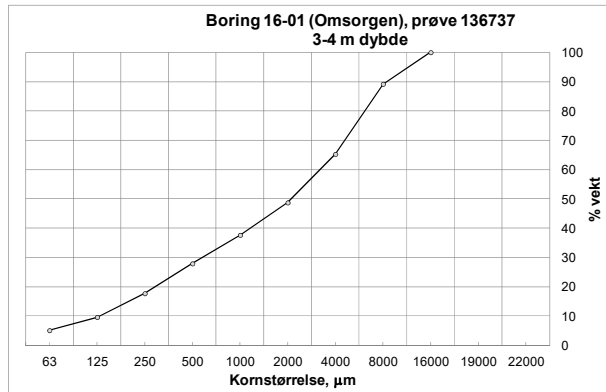
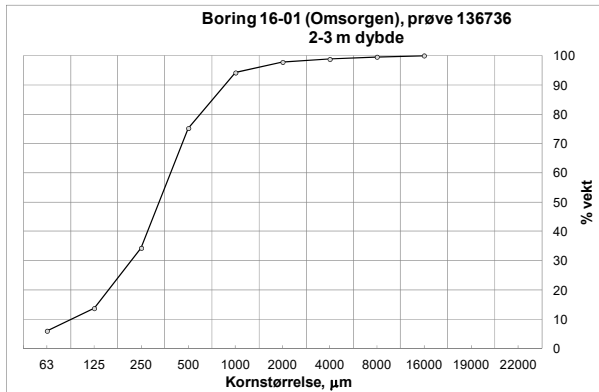
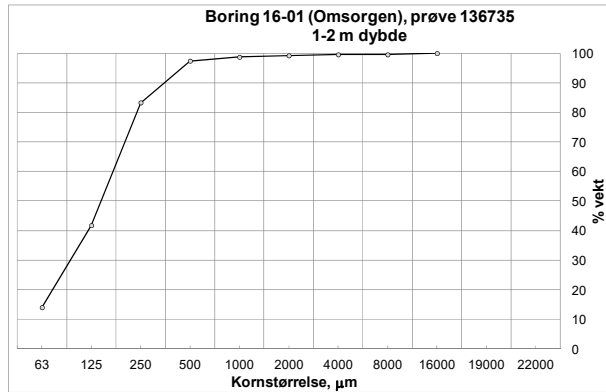
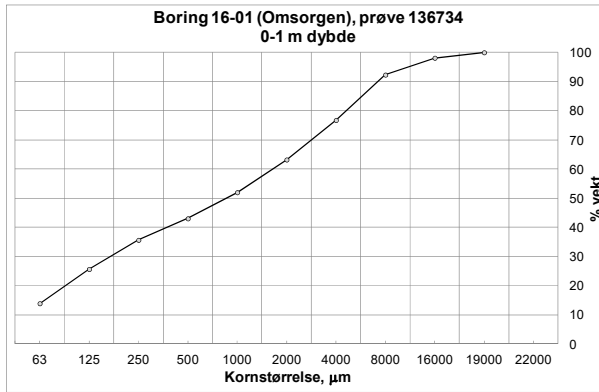
VEIE KUMMULATIV (%)

\* Uten fraksjon over 22 mm

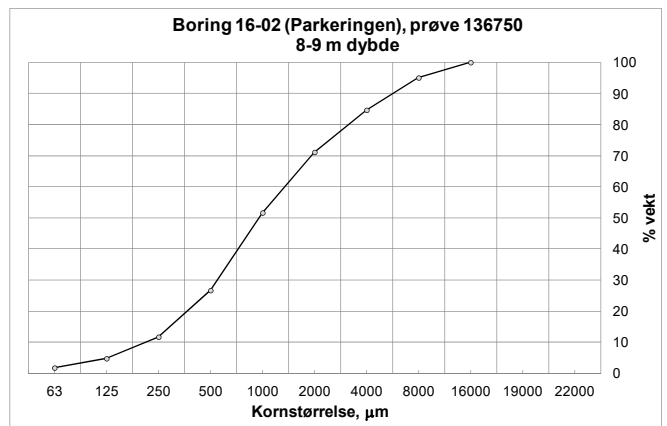
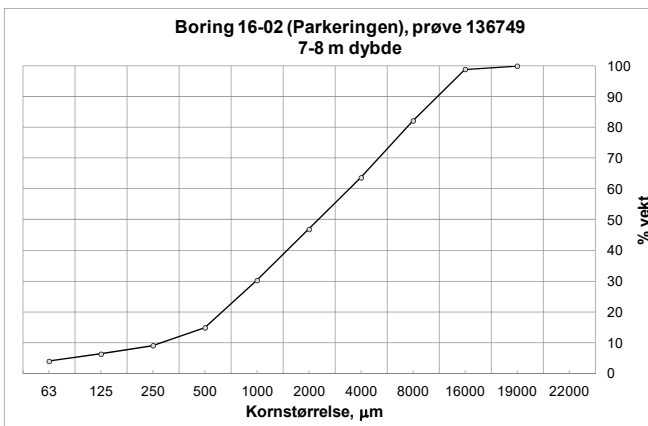
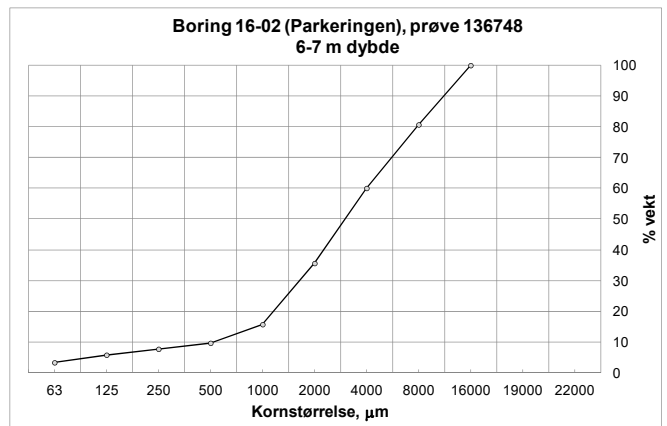
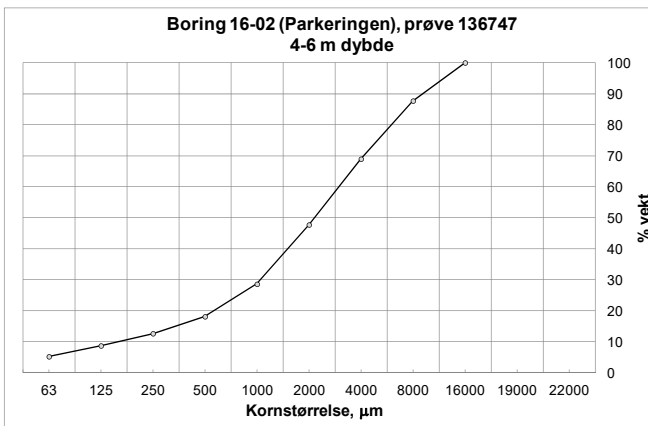
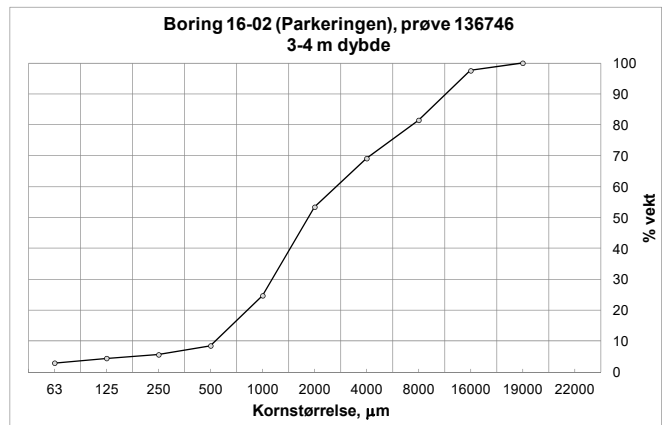
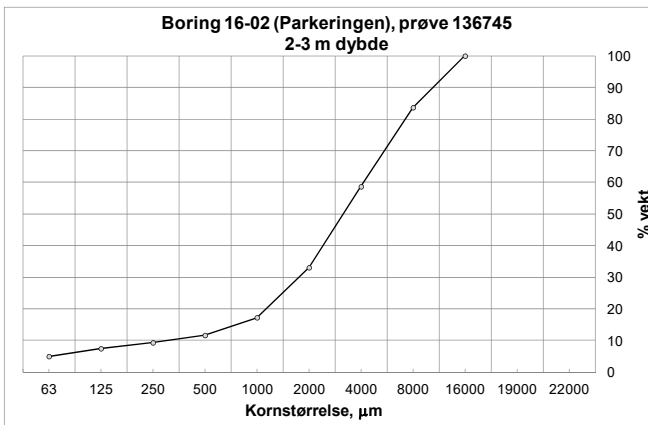
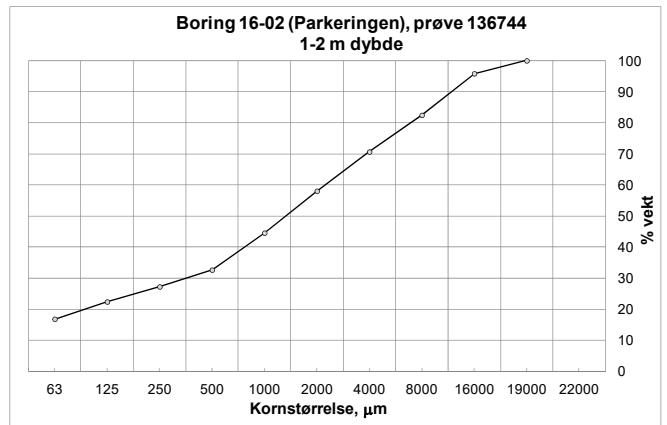
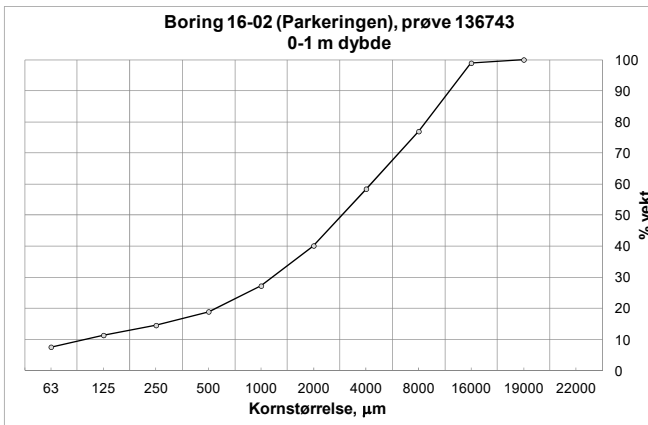
				KORNSTØRRELSE (µm)										
				22000	19000	16000	8000	4000	2000	1000	500	250	125	63
Lpnr.	NGU-nr.	Prøve id :	Total vekt* (g)											
35	136734	Otta, boring 16-01, 0-1 m	440.7		100.0	98.1	92.4	76.8	63.2	52.0	43.0	35.6	25.6	13.9
36	136735	Otta, boring 16-01, 1-2 m	238.2			100.0	99.6	99.6	99.2	98.7	97.4	83.3	41.8	14.0
37	136736	Otta, boring 16-01, 2-3 m	321.5			100.0	99.6	98.8	97.8	94.2	75.2	34.3	13.7	6.0
38	136737	Otta, boring 16-01, 3-4 m	715.3			100.0	89.2	65.3	48.7	37.6	27.9	17.7	9.6	5.1
39	136738	Otta, boring 16-01, 4-5 m	742.3			100.0	76.3	57.9	43.2	31.6	21.8	14.8	9.9	5.7
40	136739	Otta, boring 16-01, 5-6 m	895.8		100.0	96.5	72.5	49.3	34.1	22.6	12.3	6.4	3.8	2.1
41	136740	Otta, boring 16-01, 6-7 m	1105.8		100.0	95.7	71.1	52.4	36.0	23.2	10.8	4.6	2.0	0.9
42	136741	Otta, boring 16-01, 7-8 m	899.6		100.0	98.3	73.9	49.7	31.0	19.3	9.9	4.4	1.9	0.6
43	136742	Otta, boring 16-01, 8-9 m	367.9					100.0	99.6	97.3	83.3	34.2	18.8	5.7
44	136743	Otta, boring 16-02, 0-1 m	782.3		100.0	99.0	77.0	58.5	40.2	27.3	18.9	14.5	11.4	7.6
45	136744	Otta, boring 16-02, 1-2 m	470.4		100.0	95.8	82.5	70.7	58.1	44.6	32.7	27.3	22.4	16.9
46	136745	Otta, boring 16-02, 2-3 m	644.1			100.0	83.7	58.7	33.1	17.2	11.6	9.3	7.4	5.0
47	136746	Otta, boring 16-02, 3-4 m	901.6		100.0	97.5	81.5	69.1	53.4	24.7	8.5	5.6	4.5	2.9
48	136747	Otta, boring 16-02, 4-6 m	441.1			100.0	87.7	69.0	47.7	28.6	18.1	12.6	8.7	5.2
49	136748	Otta, boring 16-02, 6-7 m	637.7			100.0	80.7	60.0	35.6	15.7	9.6	7.7	5.8	3.3
50	136749	Otta, boring 16-02, 7-8 m	597.2		100.0	98.9	82.2	63.7	46.9	30.2	14.9	9.0	6.3	3.9
51	136750	Otta, boring 16-02, 8-9 m	524.2			100.0	95.1	84.7	71.1	51.6	26.7	11.7	4.7	1.8

Oppdragsnummer 2017.0021; Operatør: Marit Sigrid Halle; Dato: 05.05.2017

Otta, boring 16-01



Otta, boring 16-02



## Georadar undersøkelser

### Metode

Georadar er en elektromagnetisk geofysisk metode som blant annet kan brukes til å kartlegge lagdeling i løsmasser, fjelloverflate, grunnvannsspeil og infrastruktur (eks. rørledninger) i grunnen. Med en antenne sendes elektromagnetiske bølger i pulser ned i bakken. Når bølgepulsen treffer på en grense, dvs en endring i mediets dielektriske egenskaper, blir en del av bølgeenergien reflektert tilbake til overflaten og registrert i en mottakerantenne. Jo større kontrasten i egenskapene er, jo kraftigere refleksjon oppnås. Resten av bølgeenergien vil fortsette nedover og det kan fås reflekterte signaler fra en rekke grenseflater i undergrunnen.

Dybderekkevidden for georadarmålinger er i stor grad avhengig av den elektrisk ledningsevne i grunnen og av den utsendte antennefrekvensen. Både økende ledningsevne og en øking i antennefrekvens fører til raskere demping av bølgepulsene og dermed mindre penetrasjon. De mottatte signaler overføres til en kontrollenhet for forsterkning og digitalisering.

Georadaropptak (radargram) viser i første omgang ikke virkelig dyp til en reflektor, men ”to veis gangtid”. For å konvertere toveis gangtid til dybdeinformasjon må bølgehastigheten i overliggende medium være kjent. Noen spesifikke refleksjoner som vises på radargram (tydelig hyperbel-form som oppstår for eksempel ved krysning av en rør i bakken) kan benyttes for å bestemme bølgehastigheten i løsmassene. Ved mangel på slike refleksjoner er det mulig å bruke erfaringstall for radarbølgens hastighet i ulike geologiske materialer, f. eks. i vannmettet sand.

### Undersøkelser

I 2000 ble det utført 10 profil-linjer i Otta (Dagestad et al., 2005) og i 2017 ble det utført ytterligere 5 profil-linjer (foreliggende rapport). Georadaren som ble benyttet ved begge undersøkelsene var av typen «pulseEKKO 100» fra Sensors & Software Inc. Canada. Målingene ble utført med 100 MHz-antenner.

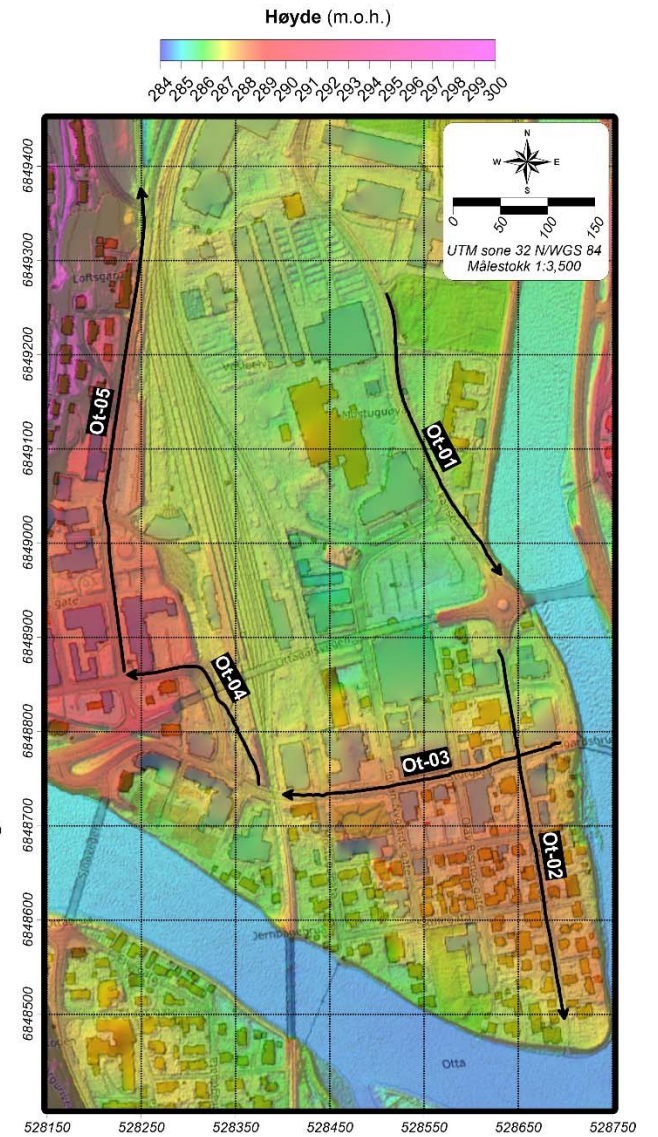
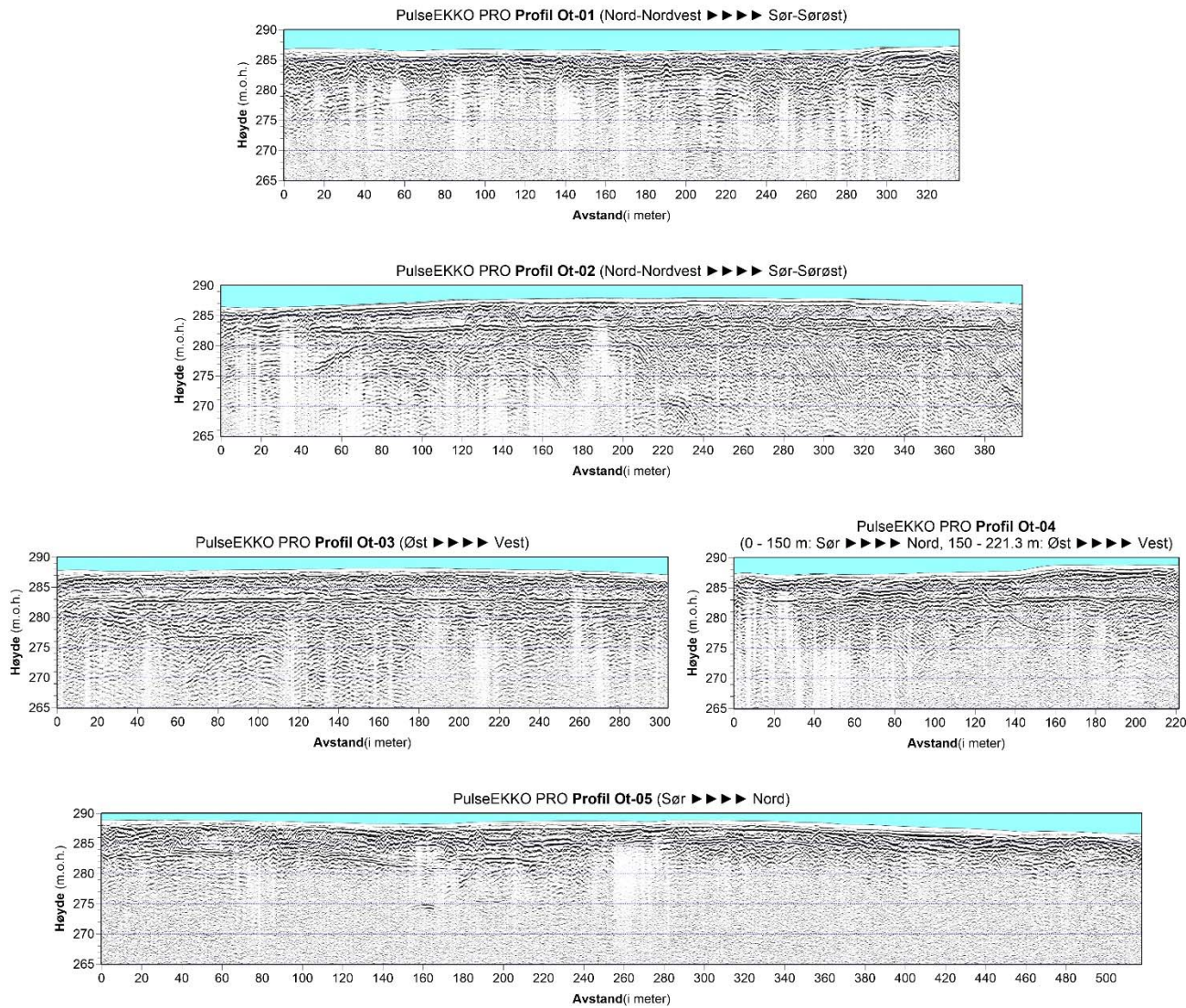
Profilene ble lagt langs veier og sykkelstier der framkommeligheten var best, og hvor en i størst mulig grad reduserte konflikt med tekniske anlegg. Mange profiler måtte likevel legges i tett bebygde gater hvor en fikk en del sidereflekser fra grunnmurer, kabelgrøfter osv. Slike installasjoner i undersøkelsesområdet forårsaket en del støy i måledataene, men dette hadde ikke noe vesentlig betydning for tolkning av måledataene.

Ved dybdekonverteringen er det benyttet en gjennomsnittlig hastighet på 0.06 m/ns for dataene fra 2000 og en på 0.105 m/ns for dataene fra 2017.

Vedlegg 6 viser lokalisering og radargrammer av opptakene i Otta for undersøkelsene fra 2017. Radargrammene for den eldre undersøkelsen er vist i originalrapporten (Dagestad et al., 2005).

# Otta GPR 2017

\* **Processing Software:** RadExplorer v. 1.42 **Frequency:** 100 MHz **Velocity:** 0.105 m/ns **Gain/Filter:** DC Removal + AGC Gain (Operator length: 50 ns) **Migration:** none **Elevation exaggeration:** 3.0





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](mailto:ngu@ngu.no)  
Nettside [www.ngu.no](http://www.ngu.no)