



GEOLOGI FOR SAMFUNNET

SIDEN 1858



**NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE**
· NGU ·



RAPPORT

Rapport nr.: 2019.016	ISSN: 0800-3416 (trykt) ISSN: 2387-3515 (online)	Gradering: Åpen	
Tittel: Kongsberg - Kartlegging og overvåking av typelokaliteter for grunnvann med antropogen belastning			
Forfatter: Dagestad, A., Seither, A., Jæger, O., Tassos G. Minde Å., Gundersen P., Eggen O.		Oppdragsgiver: Miljødirektoratet	
Fylke: Viken		Kommune: Kongsberg	
Kartblad (M=1:250.000) Skien		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1714 II	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 50 Pris: 300,- Kartbilag:	
Feltarbeid utført: Juni 2017 – sept. 2019	Rapportdato: 30.06.2020	Prosjektnr.: 366500	Ansvarlig:
Sammendrag: I forbindelse med Norges gjennomføring av krav og forordninger i EUs vanndirektiv og det underliggende grunnvannsdirektivet er det i perioden juni 2017 – mai 2019 gjennomført hydrogeologisk undersøkelser og kartlegging av grunnvannets kjemiske tilstand i grunnvannsforekomsten under Kongsberg sentrum. Løsmassene i dette området består av breelv- og elveavsetninger dominert av sand og grus med varierende mektighet og sammensetning. Grunnvannsforekomsten er delt av Numedalslågen i en østlig og en vestlig del, der den vestlige delen har større løsmassemektighet, grovere sedimenter og bedre vannføringsegenskaper enn den østlige. Potensiell belastning på grunnvannsforekomstens kjemiske tilstand er generell urbanisering og industri. Det lokale nedbørsfeltet er hovedsakelig avgrenset av utstrekningen på grunnvannsforekomsten slik at en stor del av nydanning av grunnvann skjer ved direkte infiltrasjon av nedbør (selvmatende akvifer). I forbindelse med kartleggingen av grunnvannsforekomsten i Kongsberg sentrum har det blitt gjennomført geofysiske undersøkelser og etablert 5 overvåkingsbrønner for kartlegging av løsmassenes oppbyggingen, grunnvannivå, grunnvannstrøm samt for uttak av grunnvannsprøver. Det er installert loggere i disse brønnene, samt en eksisterende overvåkingsbrønn etablert av NVE, for automatisk logging av grunnvannsnivå, temperatur og elektrisk ledningsevne. Det har blitt tatt ut grunnvannsprøver fra alle brønnene i oktober 2017, juni og oktober 2018, og mai 2019 for standard fysikalske og kjemiske laboratorieanalyser samt for analyser av et utvalg av organiske miljøgifter (THC, BTEX, PCB, PAH, VOC). Basert på disse analyseresultatene er grunnvannsforekomsten i Kongsberg sentrum noe påvirket av urbane og tidligere industrielle aktiviteter i området. Det registreres konsentrasjoner av ammonium (NH ₄ ⁺) over angitte terskelverdi i samtlige vannprøver fra en overvåkingsbrønn på østsiden av Lågen, og høye nitratkonsentrasjoner med stigende trend i en overvåkingsbrønn på vestsiden. I en annen overvåkingsbrønn på vestsiden av Lågen er det registrert høye kloridkonsentrasjoner, noen over vendepunktverdien, i flere av vannprøvene. I tillegg til dette er det gjort funn av BTEX i grunnvannsprøver fra samtlige overvåkingsbrønner, men i meget lave konsentrasjoner. Til tross for disse funnene ansees grunnvannsforekomsten i Kongsberg sentrum å ha god kjemisk tilstand i henhold til kjemiske terskelverdier gitt i vannforskriften. Det må tas forbehold om denne konklusjonen da overvåkingen av grunnvannsforekomsten har pågått over kort tid og med et begrenset analyseprogram i forhold til potensielt miljøbelastende urbane aktiviteter.			
Emneord:	Grunnvann	Geofysikk	
Grunnboring	Grunnvannskvalitet		

INNHold

1. Innledning.....	4
2. Grunnvannsføremst Kongsberg sentrum.....	5
2.1 Beliggenhet.....	5
2.2 Begrunnelse for utvalget.....	6
2.3 Historisk utvikling av området	7
2.4 Tidligere miljøundersøkelser	9
3. Regionale og lokale geologiske forhold.....	11
4. Kartlegging av geologiske og hydrogeologiske forhold	13
4.1 Grunnboringer og brønnetableringer	13
4.1.1 Beskrivelse av brønnlokaltet, løsmassesammensetning og brønnutforming ...	15
4.2 Georadarundersøkelser	19
4.2.1 Grunnvannstand, nedbør og vannstand i Lågen	20
4.3 Resultater fra automatisk logging og manuelle målinger i observasjonsbrønnene ...	23
4.3.1 Overvåkingsbrønn Skateparken	23
4.3.2 Overvåkingsbrønn Svømmehallen	26
4.3.3 Overvåkingsbrønn Gangbrua	26
4.3.4 Overvåkingsbrønn Gamle kro	26
4.3.5 Overvåkingsbrønn Krona	29
4.4 Vannprøvetaking og analyseresultater 2017-2019	31
4.5 Resultater fra vannanalyser 2017 – 2019	31
4.6 Representativitet av kjemisk kartlegging av grunnvannsføremsten	33
5. Konklusjon og forslag til videre undersøkelser.....	33
6. Referanser.....	37

VEDLEGG

- 1) Protokoll for prøvetaking og feltmålinger
- 2) Analysemetoder og deteksjonsgrenser
- 3) Analyseresultater av grunnvannsprøver fra overvåkingsbrønner i Kongsberg sentrum
- 4) Kornfordeling boringer
- 5) Siktekurver
- 6) Georadarprofiler

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

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 overvåkingsprosjekt for å karakterisere, overvåke og klassifisere 14 utvalgte grunnvannslokalteter som skal representere typiske geologiske, klimatiske og belastningsmessige forhold i Norge, og som kan defineres som regionale eller nasjonale typelokaliteter. Dersom tilstanden i disse er dokumentert god, vil vi kunne anta at det samme gjelder for sammenlignbare grunnvannslokalteter andre steder i landet. Det forventes at kunnskap og erfaring fra denne representative overvåkingen vil gjøre det mulig å anslå kvalitativ og kvantitativ tilstand på de fleste grunnvannsforekomster uten omfattende og kostbar kartlegging og undersøkelser.

De 14 utvalgte typelokalitetene inngår i nasjonal basisovervåking av grunnvann i henhold til vannforskriften. Arbeidet med utvelgelse, karakterisering og klassifisering av typelokaliteter er et samarbeid mellom Miljødirektoratet, NVE, NGU og Landbruksdirektoratet ved NIBIO.

2. Grunnvannsforekomst Kongsberg sentrum

2.1 Beliggenhet

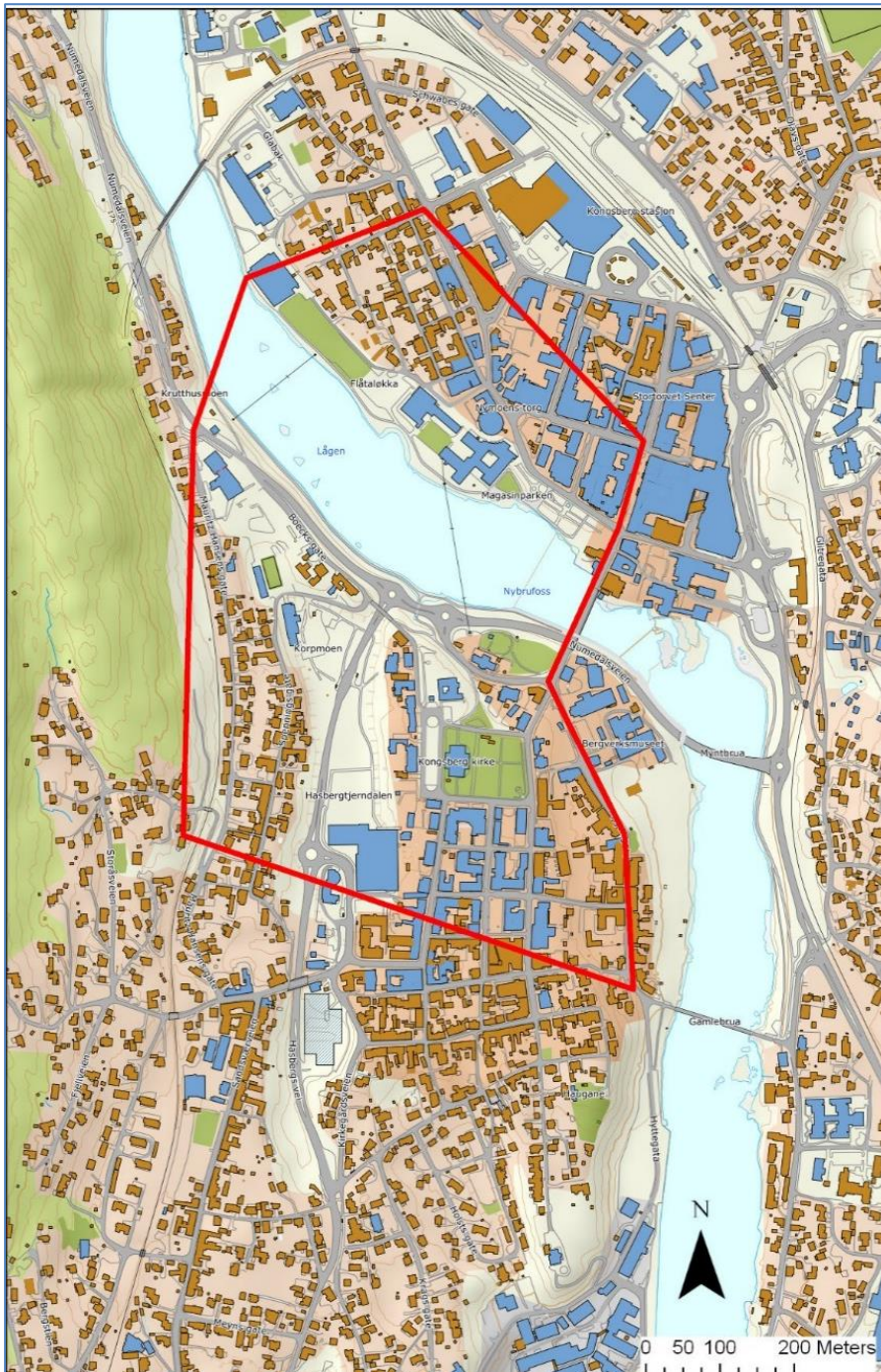
Typelokalitet Kongsberg dekker størstedelen av den eldste delen av Kongsberg sentrum, og deles hydraulisk i to av Numedalslågen (Figur 2). Størstedelen av Kongsberg sentrum er per i dag ikke definert som en grunnvannsforekomst i Vann-Nett, og typelokaliteten er følgelig ikke tilknyttet noen administrativ grunnvannsenhet. Nærmeste administrative enheten er grunnvannsforekomst 015-29-G Kongsberg Nord (Figur 1). Avgrensingen av typelokaliteten er satt dels ut fra praktiske (veier) og hydrogeologiske forhold.

Tabell 1: Administrativ informasjon tilstøtende grunnvannsforekomst Kongsberg Nord (www.vann-nett.no)

Vannforekomst	Kongsberg Nord
VannforekomstID	015-29-G Kongsberg Nord
Vannkategori	Grunnvann
Vannregionmyndighet	Viken
Vannregion	Viken
Fylker	Buskerud
Kommuner	Kongsberg
Vassdragsområde	015
Kvantitativ tilstand	Ukjent
Kjemisk tilstand	Ukjent



Figur 1: Avgrensing av grunnvannsforekomst 015-29-G Kongsberg Nord (Kilde: (Hentet fra www.vann-nett.no))

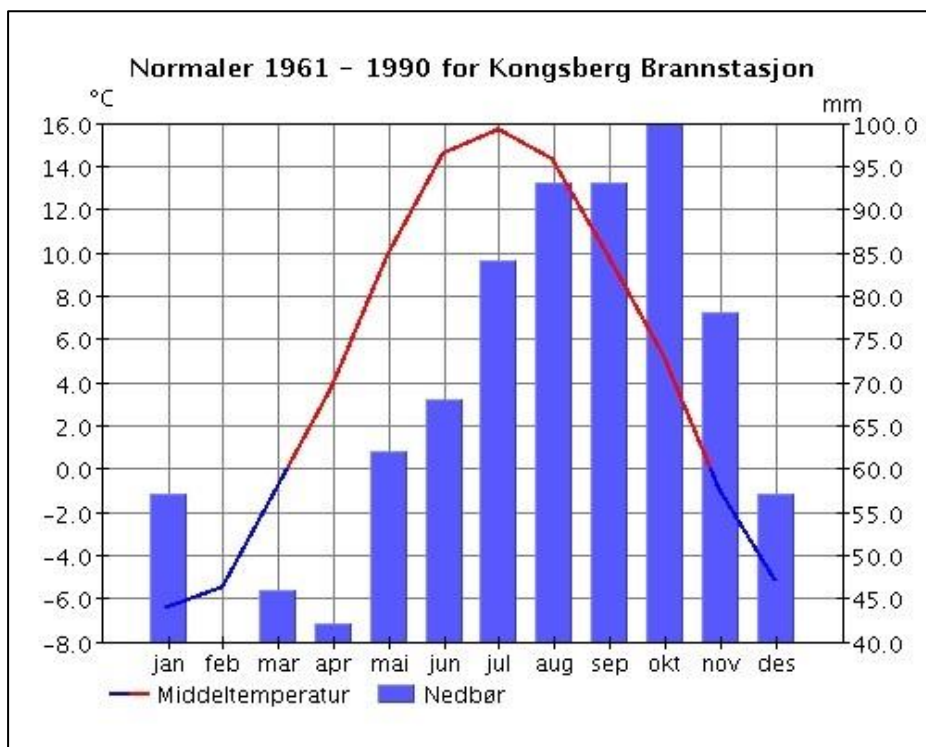


Figur 2: Geografisk avgrensning av typelokalitet Kongsberg

2.2 Begrunnelse for utvalget

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

I Figur 3 er månedsmiddel for nedbør og lufttemperatur vist for den meteorologiske målestasjonen Kongsberg brannstasjon.



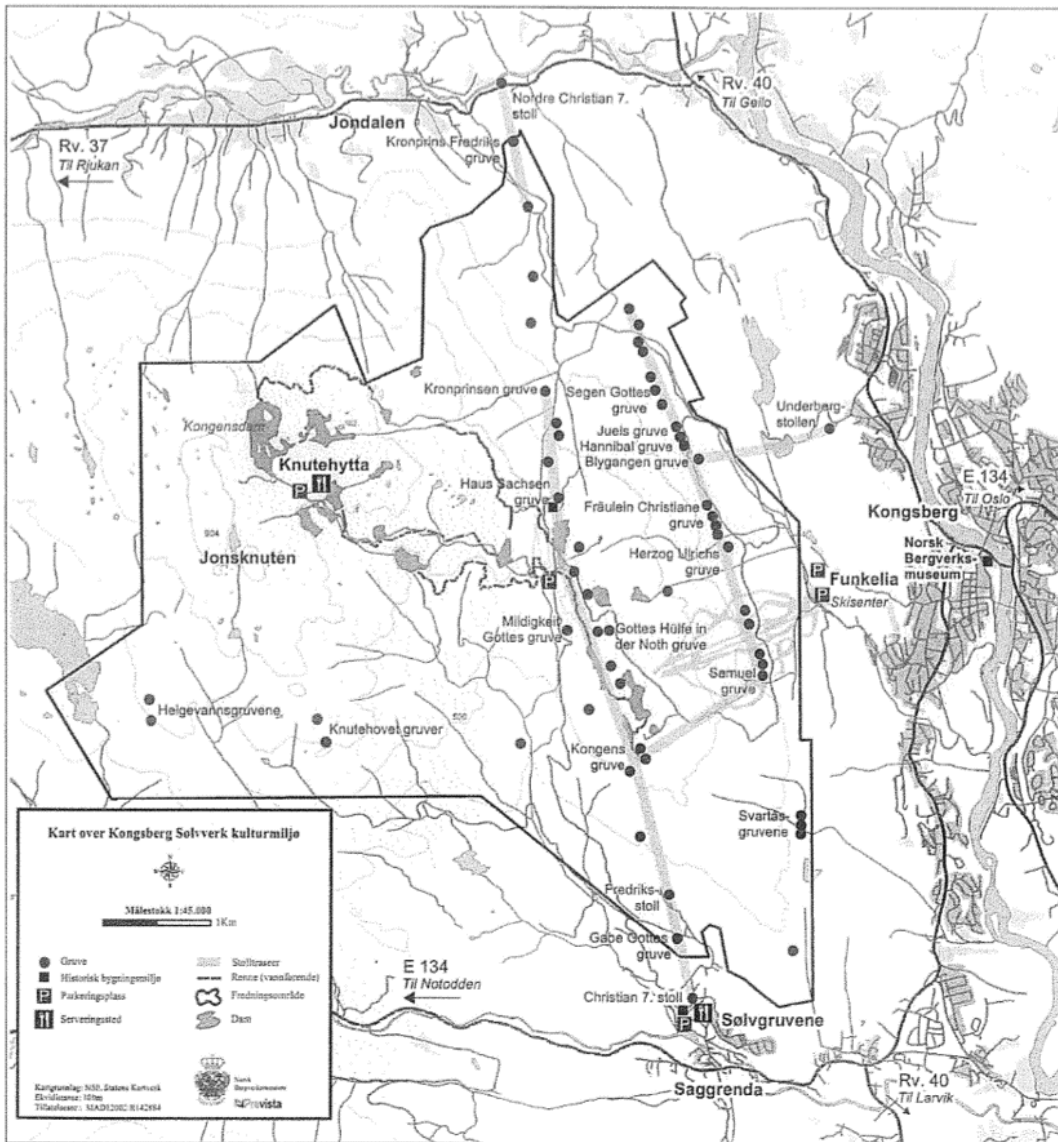
Figur 3: Månedsnormaler for målestasjon Kongsberg brannstasjon (måledata fra Meteorologisk institutt: <http://eklima.met.no/>)

De største lokale kildene til potensiell belastning på grunnvannets kjemiske tilstand er generell urbanisering og tidligere tiders industrielle aktiviteter tilknyttet gruvedriften og sølvverket med utslipp av forurensninger til jord, luft og vann.

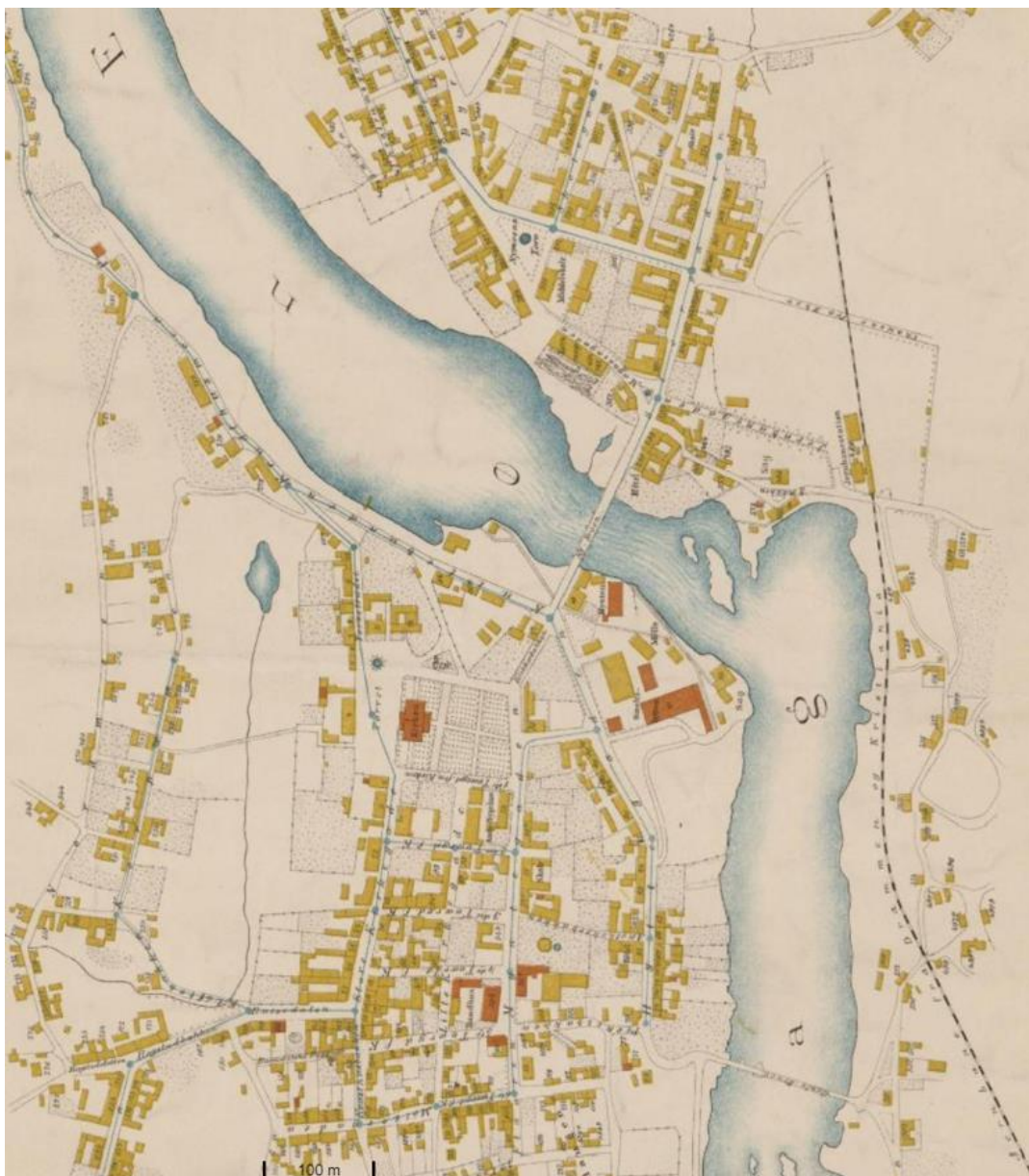
Det forventes at kartlegging og karakterisering av noen flere grunnvannslokaliteter lik typelokaliteten Kongsberg vil danne et kunnskapsgrunnlag for mange lokaliteter i Norge med lignende belastningssituasjon og hydrogeologiske forhold.

2.3 Historisk utvikling av området

I et historisk perspektiv har virksomheter tilknyttet Kongsberg Sølvverk medført mye gruvevirksomhet i området. Sølvverket kom i drift i statlig regi allerede i 1623, og var mer eller mindre i drift fram til 1958. Det var hovedsakelig i åssiden vest for byen overfor Funkelia hvor gruvevirksomheten foregikk, men det finnes mange mindre skjerp og gruveganger i hele det vestlige fjellområdet (Figur 4). Gruvevirksomheten og de rike sølvforekomstene førte til at det allerede på 1600-tallet etablerte seg et bysamfunn og tilhørende industriell aktivitet rundt fossefallet ved dagens sentrum i Kongsberg. Som det framgår av det historiske bykartet i Figur 5 var mye av byens sentrum med bo- og industriområder samt veisystemer etablert allerede på 1880-tallet. Sølvverket med tilhørende oppredningsverk, smeltehytter og myntproduksjon er lokalisert rett på sørsiden av brua over Lågen. Sølvverket med tilhørende gruvedrift medførte etablering av mye annen industri der den nå nedlagte Kongsberg våpenfabrikk var den største. I dag er det etablert en teknologisk industriklynge på arealene til den tidligere våpenfabrikken. Treforedling med sagbruksvirksomhet har også vært en viktig aktivitet rundt fossefallet i Kongsberg.



Figur 4: Kart over Kongsberg Sølvverk kulturmiljø med angivelse av større gruveganger (Berg 2016)

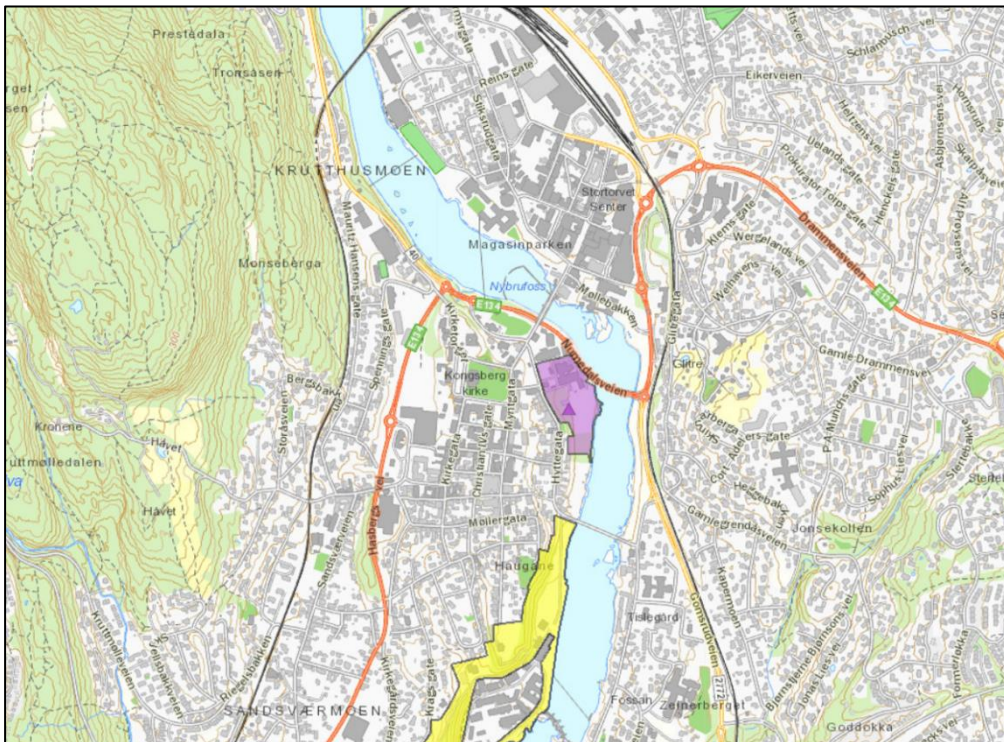


Figur 5: Historisk kart over Kongsberg sentrum år 1884 (N.S. Krum 1884 <https://kart.finn.no/>)

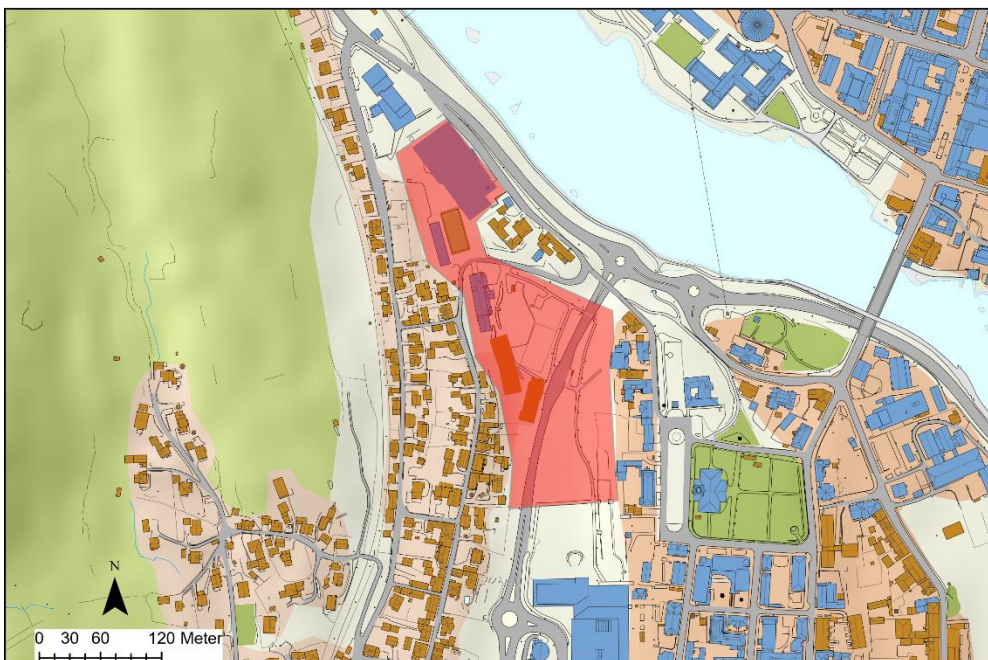
2.4 Tidligere miljøundersøkelser

Tidligere undersøkelser har påvist grunnforurensning i Kongsberg sentrum, og det er registrert to områder i Miljødirektoratets grunnforurensningsdatabase (Figur 6). Det ene området ligger innenfor det tidligere industriområdet Kongsberg Sølvverk, nå Norsk bergverksmuseum, og det andre innenfor det tidligere industriområdet til Kongsberg våpenfabrikk. Ved Sølvverket er det gjennomført flere miljøgeologiske undersøkelser av jord som har påvist lokale forurensninger av både tungmetaller og organiske forbindelser (Andreassen 2012). Det er ikke kjent at det er utført liknende undersøkelser innen industriområdet til Kongsberg våpenfabrikk. Begge disse industriområdene ligger imidlertid utenfor og nedstrøms den utvalgte grunnvannsforkomsten i Kongsberg sentrum og vil følgelig ikke påvirke grunnvannets kjemiske sammensetning i det utvalgte område. Tidligere utførte grunnundersøkelser har også påvist kun et tynt løsmassedekke med dårlige akviferegenskaper ved bergverksmuseet. Innenfor grunnvannsforkomsten er det tidligere gjennomført kartlegging av forurenset jord i et større område ved Vestsiden ungdomsskole (Figur 7). Disse undersøkelsene viste enkelte funn av tungmetaller og organiske forurensninger, men med gjennomgående lave konsentrasjoner som ligger innenfor tiltaksklassene 2 og 3 for forurensende masser (Tomprou 2017).

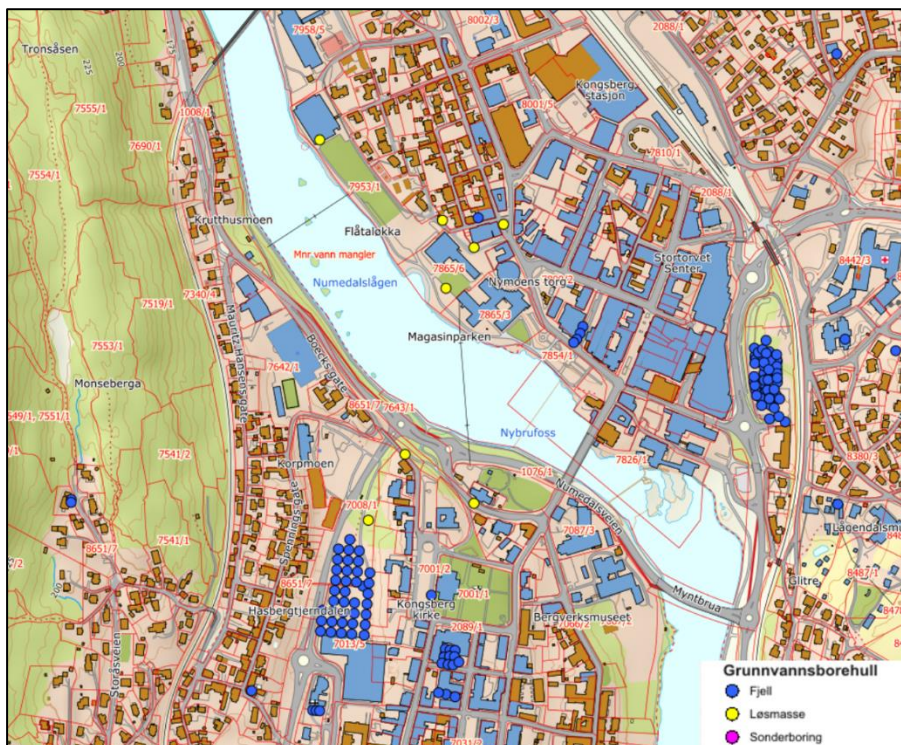
Det er ikke tidligere utført hydrogeologiske undersøkelser i Kongsberg sentrum, men det er etablert flere energibrønner i dette området som gir noe informasjon om mektighet og sammensetning av løsmassene (Figur 8).



Figur 6: Områder med registrerte grunnforurensninger i Miljødirektoratets grunnforurensnings-database (<https://grunnforurensning.miljodirektoratet.no/>). Gult område er arealer tilknyttet tidligere Kongsberg våpenfabrikk og lilla område er arealer tilknyttet Bergverksmuseet, tidligere Kongsberg sølvverk.



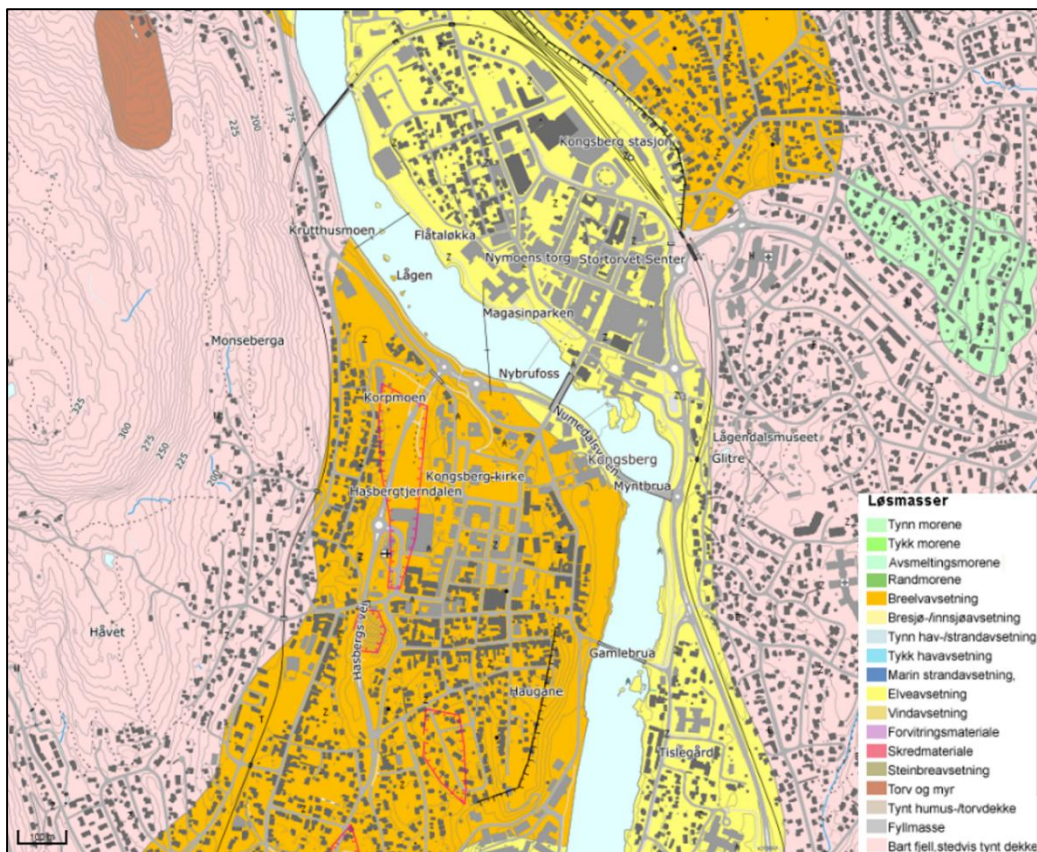
Figur 7: Området hvor det tidligere er utført kartlegging av jordforurensninger (Tomprou 2017).



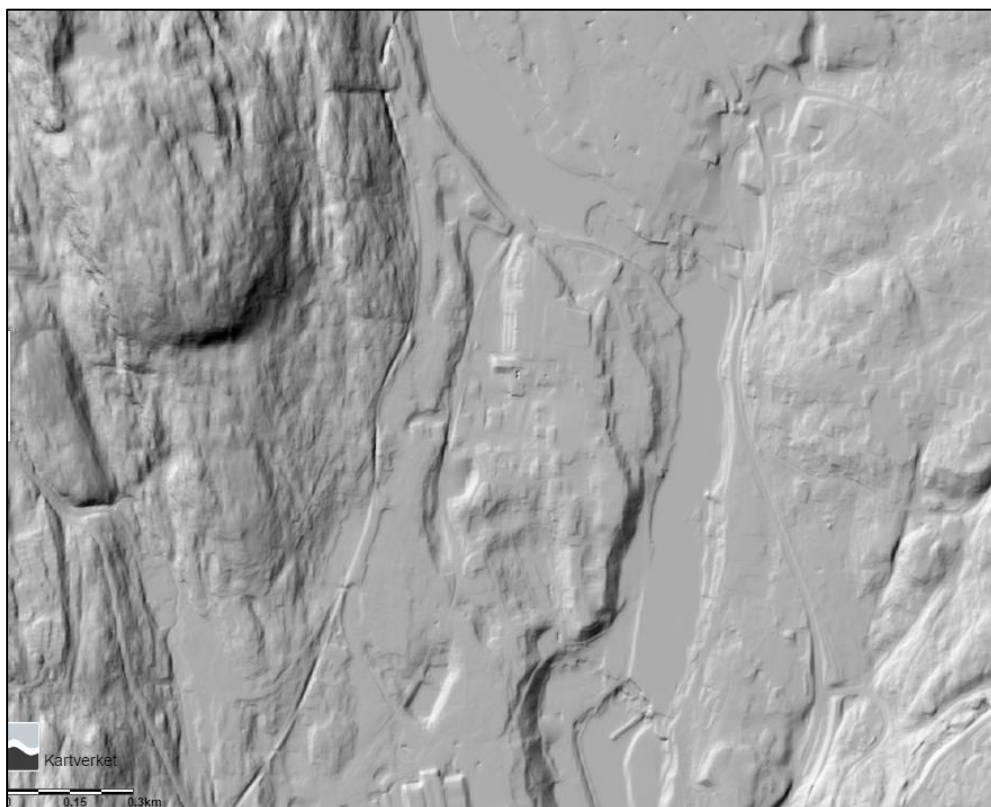
Figur 8: Samtlige brønnboringer registrert i den nasjonale grunnvannsdatabasen GRANADA inklusive overvåkingsbrønner etablert i dette prosjektet (https://geo.ngu.no/kart/granada_mobil/)

3. Regionale og lokale geologiske forhold

Det finnes generelt lite løsmasser i Kongsbergområdet, og løsmasseavsetninger av betydning finnes hovedsakelig i dalgangen langs Numedalslågen, og består, ut fra NGUs løsmassekart over området, hovedsakelig av sand og grus (Bargel 1990). Løsmassene i Kongsberg sentrum utgjør deler av en stor sammenhengende løsmasseavsetning, kalt Skollenborgsanduren, som strekker seg fra Pikerfoss i nord til Skollenborg i sør. Skollenborgsanduren ble dannet under siste istid da store mengder løsmasser ble spylt ut med breelvene fra brefronten ved Pikerfoss, og ble avsatt langs dalføret helt ned til den tids fjordmunning ved Skollenborg. Senere landheving medførte elveerosjon og nedskjæring i disse breelvsavsetningene og resedimentering av elveavsetninger på lavere nivåer. I Kongsberg sentrum kan dette sees på det kvartærgeologiske kartet som høyere liggende bevarte breelvsavsetninger på vestsiden av Lågen og som lavereliggende elveavsetninger i området på østsiden av Lågen (Figur 9). Det er rimelig å anta at breelvsavsetningene under dannelsen av sanduren dekket hele det østlige området av Kongsberg sentrum, men at senere landheving med påfølgende elveerosjon har fjernet mye av disse avsetningene. Fjellterskelen, som gir opphav til Nybrufossen i Kongsberg sentrum, har begrenset den videre elveerosjon i sedimentene oppstrøms terskelområdet. Det er verdt og merke seg de rød streklinjene på kartet på vestsiden av Lågen som viser terrassekanter i ytterkantene av lokale forsenkninger i breelvsavsetningene. Dette er trolig rester etter dødisgroper som ble dannet etter nedsmelting av store isblokker som ble begravd av sand og grus under dannelsen av sanduren. Erfaringsmessig har slike dødisgroper i urbane områder blitt benyttet som lokale deponier, og kan derfor potensielt utgjøre en kilde til forurensing av grunnvannet. Et eksempel på dette innenfor grunnvannsforkomsten kan sees på bykartet fra 1884 der det er vist et lite tjern på vestsiden av Lågen som ikke finnes på nyere kart. Dette tjernet, kalt Hasbergtjernet, skal ha blitt benyttet som deponi og ble i mellomkrigstiden, på grunn av hygieniske uholdbare forhold, fyllt igjen med ikke definerte masser samt sand og grus (pers. med. O.A. Helleberg, Kongsberg kommune). Lidarkart over området viser også rester av gamle isavsmeltingsspor og dødisgroper (Figur 10).



Figur 9: Løsmassekart over Kongsberg sentrum basert på Bargel 1990. Terrassekanter som indikerer dødisgroper er avmerket med røde linjer på kartet (<http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>).



Figur 10: Høyoppløselig terrengmodell (lidardata) over Kongsberg sentrum. Tidligere isavsmeltingsformer med erosjonskanter framkommer tydelig i løsmasseavsetningene på vestsiden av Lågen (Statens kartverk: Hoydedata.no).

4. Kartlegging av geologiske og hydrogeologiske forhold

4.1 Grunnboringer og brønnetableringer

For å kartlegge sammensetningen og vannføringsegenskapene til løsmassene mot dypet i avsetningene ble det i begynnelsen av oktober 2017 utført 5 grunnboringer i Kongsberg sentrum (Figur 11). Plassering av borelokalitetene og brønnene ble av praktiske årsaker begrenset til kommunal eiendom, og ble valgt ut i samråd med kommunalteknisk etat i Kongsberg kommune. Vann- og avløpsledninger og ulike typer kabler i undergrunnen ga også noen begrensninger for valg av borelokaliteter. Gitt disse begrensningene ble grunnboringene forsøkt plassert slikt at de gir relevant informasjon om sammensetningen av løsmassene i Kongsberg sentrum. Det var videre ønskelig at overvåkingsbrønnene ble fordelt slik at de gir oversikt over grunnvannsstrømmen i området og at brønnene ble etablert i eller nedstrøms områder med urban belastning.

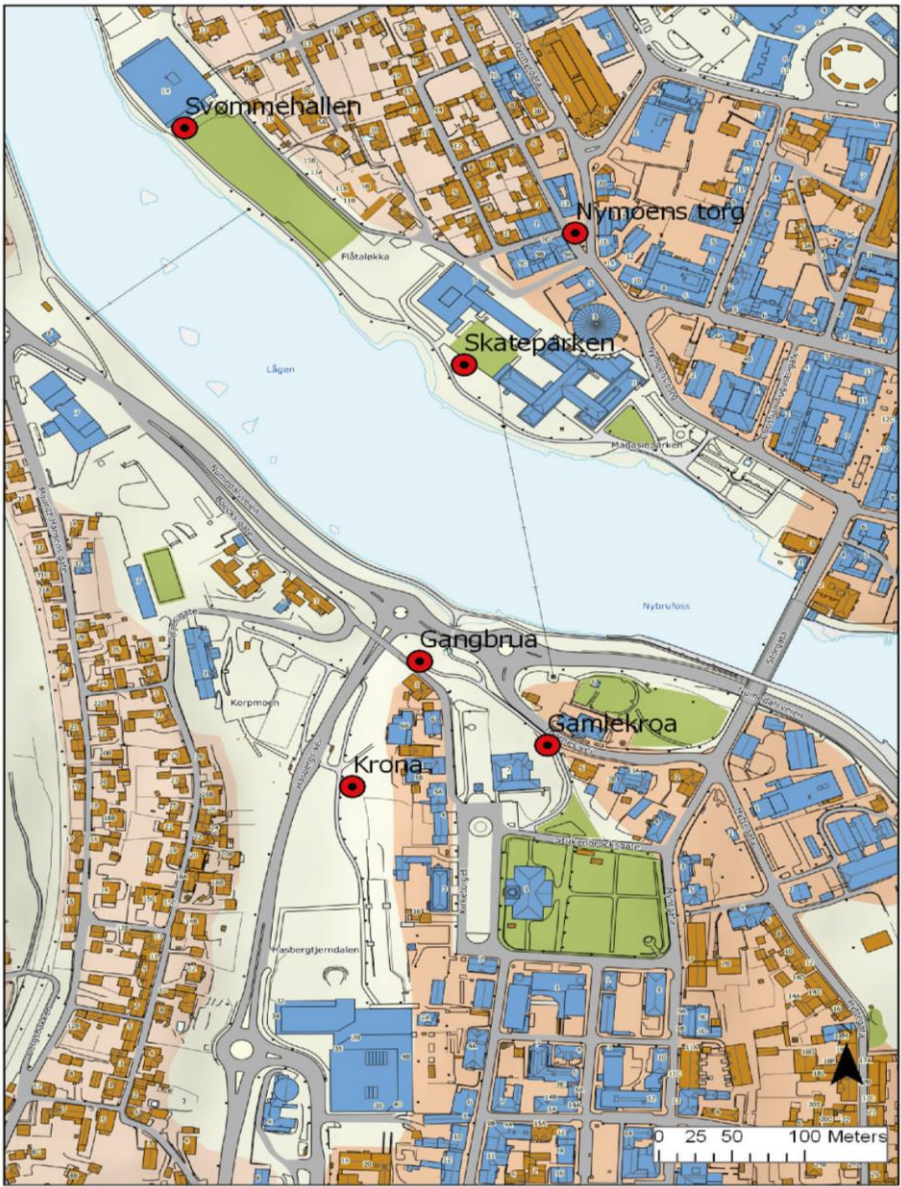
Grunnboringene ble utført av Hallingdal brønn og graveservice AS under oppfølging av NGU. Det ble under boringen registret løsmassesammensetning, grunnvannivå og tatt ut sedimentprøver til kornfordelingsanalyser (vedlegg 4). Det ble i samtlige 5 borepunkt etablert 2'' overvåkingsbrønner for uttak av grunnvannsprøver og logging av grunnvannsnivå.

Overvåkingsbrønnene består av plastmaterialet PEH som er godkjent for miljøundersøkelser. Boreloggene og utforming av brønnene er vist i Figur 12 til Figur 17.

Den nederste delen av brønnene står i kontakt med grunnvannet og har slisser for uttak av grunnvannsprøver og registrering av grunnvannsnivå. Det ble høsten 2017 installert automatiske loggere for kontinuerlig logging av vannivå, grunnvannstemperatur og grunnvannets elektriske ledningsevne i alle de 5 observasjonsbrønnene. Det ble også installert samme type logger i en eksisterende observasjonsbrønn etablert av NVE ved den kommunale svømmehallen (Figur 11). For observasjonsbrønnen ved Nymoens Torg foreligger det dessverre ingen loggerresultater da brønnen ble utsatt for hærverk mellom høst 2017 og vår 2018 der logger ble fjernet og brønnen fylt igjen med grus.

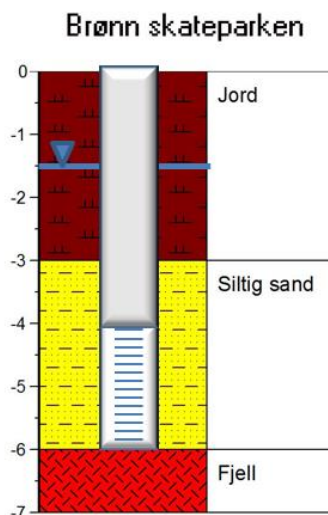
Registreringer av løsmassesammensetningen under grunnboringene viser at er det stor variasjon borepunktene imellom (Figur 12 - Figur 17). Spesielt framtrekkende er det tynne løsmassedekke ved boringene «Skateparken» og «Nymoens torg» på østsiden av Lågen samt «Gamlekroa» på vestsiden av Lågen, der fjellgrunnen ble påtruffet på 4 - 6 meters dyp. Disse boringene viser at fjellblotningene som sees i Nybrufossen strekker seg under løsmassene på hver side av Lågen og danner en fjellterskel på tvers av dalgangen. Boringene «Svømmehallen», «Gangbrua» og «Krona» avdekket imidlertid alle betydelig større løsmassemekthet, og viser at det er et sedimentasjonsbasseng oppstrøms fjellterskelen ved Nybrufoss.

Grunnboringene og brønnetableringene viser også at vanngiverevnen til akviferen på østsiden av Lågen er betydelig dårligere enn i akviferen på vestsiden. Dette er forhold som kan ha stor betydning på gjennomstrømningen og utskifting av grunnvann i akviferene, noe som igjen vil kunne ha betydning for grunnvannets kjemiske sammensetning.



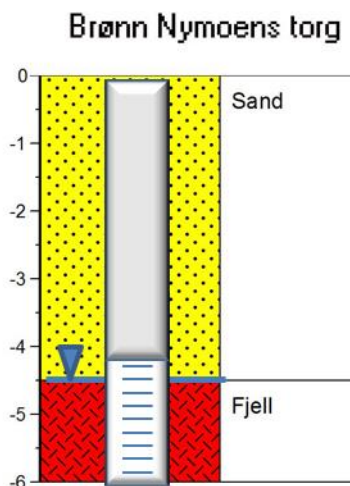
Figur 11: Lokalisering av grunnboringer og overvåkingsbrønner i grunnvannsforekomsten i Kongsberg sentrum.

4.1.1 Beskrivelse av brønnlokalitet, løsmassesammensetning og brønnutforming



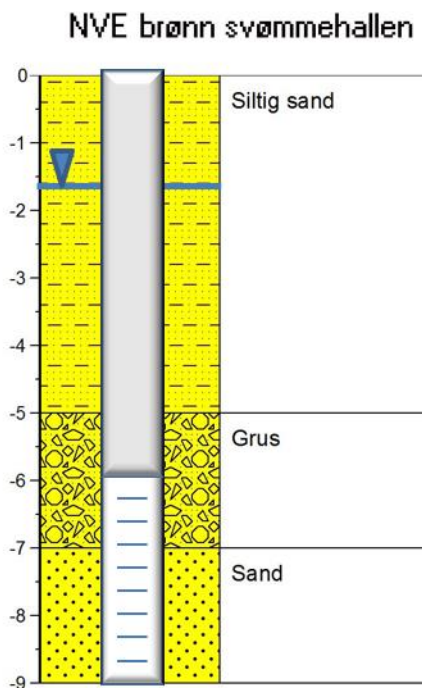
Figur 12: Borelogg fra grunnboring og utforming av overvåkingsbrønn "Skateparken".

Overvåkingsbrønn «Skateparken» er plassert ved skateparken på Flåtaløkka. Boreloggen viser et flere meters topplag av organisk materiale over siltig sand. Sammensetningen av løsmassene i området tyder på at de er avsatt i forholdsvis stillestående vann i en bakevje til elveløpet. Filteret i brønn er plassert rett over fjell som påtreffes på 6 meters dyp. Vannføringsegenskapene til løsmassene i dette området er gjennomgående dårlig, noe som gir dårlig vanngiverevne til brønnen.



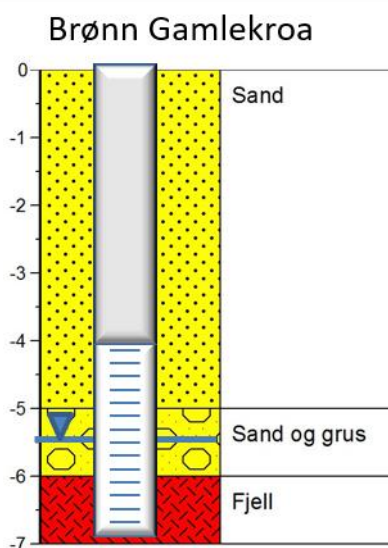
Figur 13: Borelogg fra grunnboring og utforming av overvåkingsbrønn "Nymoens torg".

Overvåkingsbrønn «Nymoens torg» er plassert i en opphøyet kantsteinsrabatt sentralt i den gamle delen av Kongsberg sentrum. Løsmassene i dette området består av forholdsvis ensgradert sand, og fjelloverflaten påtreffes allerede på 4,5 meters dyp. Grunnvannet påtreffes i overgangen mellom løsmassene og fjellgrunnen. Filteret i brønnen er plassert i overgangen mellom fjell og løsmasser og brønnen vil derfor gi grunnvann både fra løsmassene og fra den øverste oppsprukne berggrunnen.



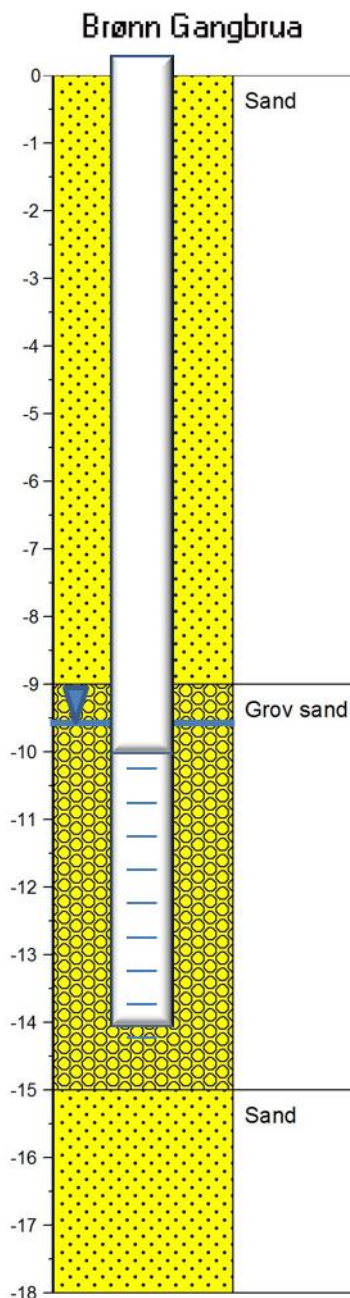
Figur 14: Borelogg fra grunnboring og utforming av overvåkingsbrønn "Svømmehallen"

Overvåkingsbrønn «Svømmehallen» ble etablert av NVE i 2010. Løsmassesammensetningen er tolket ut fra boreloggen i den nasjonale grunnvannsdatenbanken GRANADA som angir et topplag av siltig sand over grus som går over til sandige masser mot dypet. Det ble ikke påtruffet fjell i denne boringen. Brønnfilteret er fra plassert i 6 – 9 meters dyp og trekker vann både fra grusavsetningene og det de underliggende sandavsetningene.



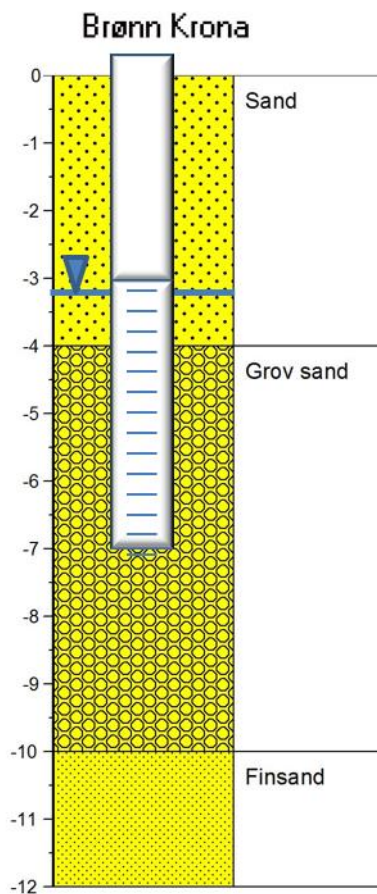
Figur 15: Borelogg fra grunnboring og utforming av overvåkingsbrønn "Gammelkroa"

Overvåkingsbrønn «Gamlekroa» er plassert i på vestsiden av Lågen i skråningen opp mot Kongsberg kirke. Løsmassene i dette området domineres av sandige masser der det påtreffes en sandig gruslag over fjell på 6 meters dyp. Grunnvannspeilet lå rett etter brønnetableringen på 5,5 meters dyp i overgangen mellom løsmassene og fjellgrunnen. Brønnfilteret er plassert i 5,5 – 7 meters dyp i overgangen mellom løsmasser og fjell og brønnen trekker følgelig grunnvann både fra løsmasser og fra den øverste oppsprukne berggrunnen.



Overvåkingsbrønn «Gangbrua» er plassert høyt opp i elvededskjæringen på vestsiden av Lågen. Løsmassene består av en et 9 meter topplag av sandige masser over et 6 meters mektig lag av grov sand som går over i mer finkornige sand mot dypet. Boringen ble avsluttet på 18 meters dyp uten å påtreffe fjell. Brønnfilteret er plassert i 10 – 14 meters dyp i laget med grov sand. Grunnvannspeilet lå på ca. 9,5 meters dyp rett etter brønnetableringen.

Figur 16: Borelogg fra grunnboring og utforming av overvåkingsbrønn "Gangbrua"



Overvåkingsbrønn «Krona» er plassert i parkanlegget rett nord for Krona kunnskaps- og kultursenter. Grunnboringen viser sandige masser ned til 4 meters dyp som går over til grov sand ned til 10 meters dyp. Under dette grove sandlaget påtreffes finsand ned til 12 meters dyp der boringen ble avsluttet uten å nå fjell.

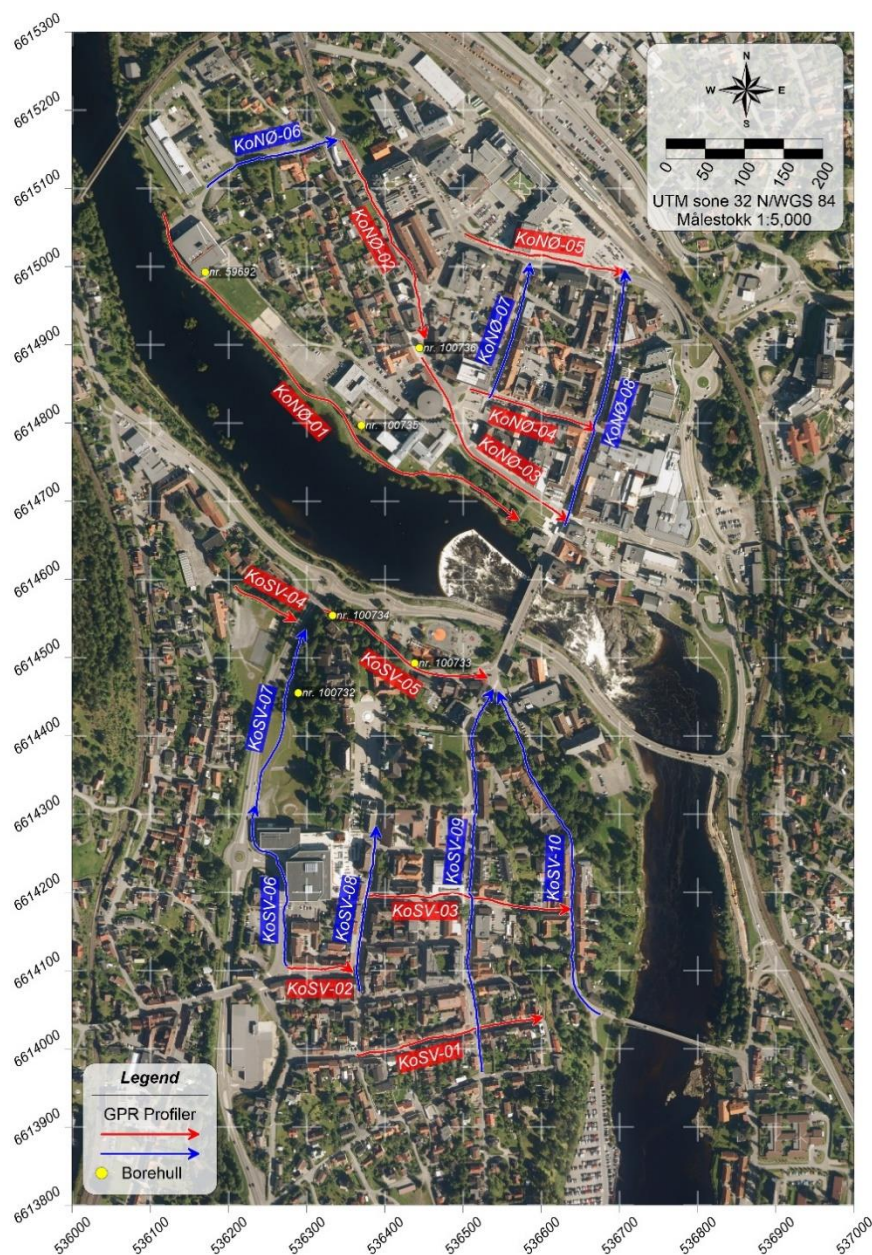
Brønnfilteret er plassert i 3 -7 meters dyp og grunnvannspeilet ble rett etter brønnetablering målt til 3,2 meters dyp.

Figur 17: Borelogg fra grunnboring og utforming av overvåkingsbrønn "Krona"

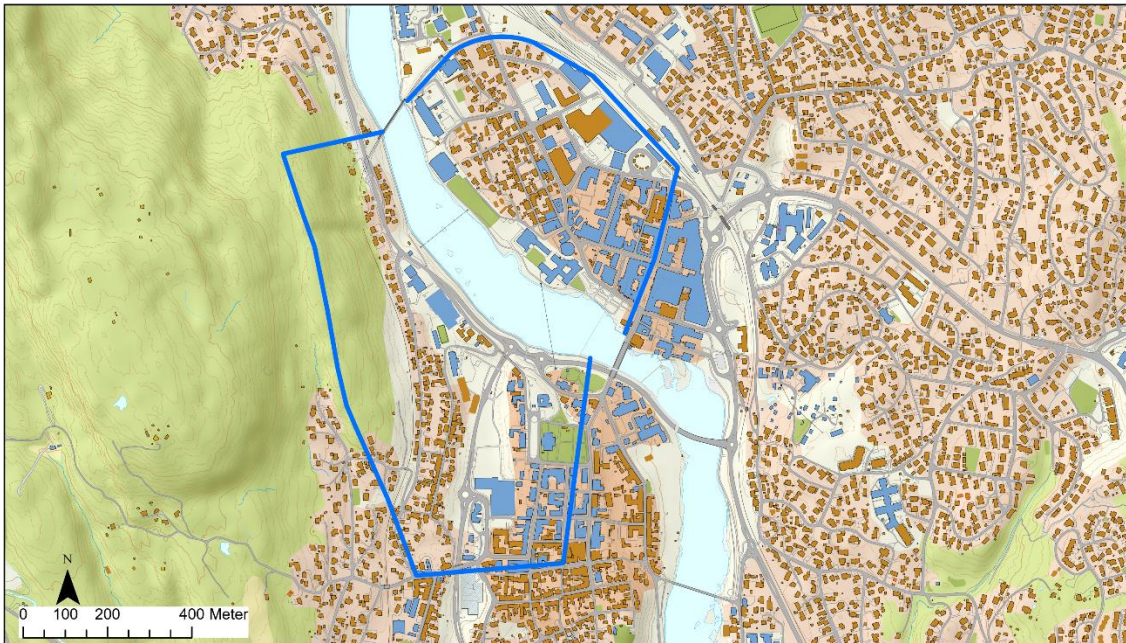
4.2 Georadarundersøkelser

I tillegg til grunnboringene har NGU utført flere km med georadarprofileringer i det aktuelle området (Figur 11) og utskrift av georadaropptakene er vist i vedlegg 6. Georadaropptakene på østsiden av Lågen viser gjennomgående lite løsmassemekthet i de fleste profiler, og viser at fjelloverflaten som registreres i grunnboringen ved Skateparken og Nymoens torg er en del av en større sammenhengende fjellterskel som strekker seg fra Nybrofossen og nordøstover mot jernbanestasjonen. Georadarprofilene viser også en fjelloverflate som heller mot vest ned mot lågen. Georadarprofilen langs Lågen (KoNØ-01) viser en betydelig økning i løsmassemektheten i nordlig retning ved borepunkt Svømmehallen.

På vestsiden av Lågen gjenfinnes også fjellterskelen i de østlige georadarprofilene med gjennomgående liten løsmassemekthet over fjelloverflaten i dette området. I de vestlige profilene KoSV-06 og -07 registreres det derimot til dels betydelig løsmassemektheter og som indikerer en nord-sørgående dyprenne mellom fjellterskelen i øst og åssiden i vest.



Figur 18: Lokalisering av georadarprofiler i Kongsberg sentrum. Utskrift av georadarprofilene er vist i vedlegg 5.



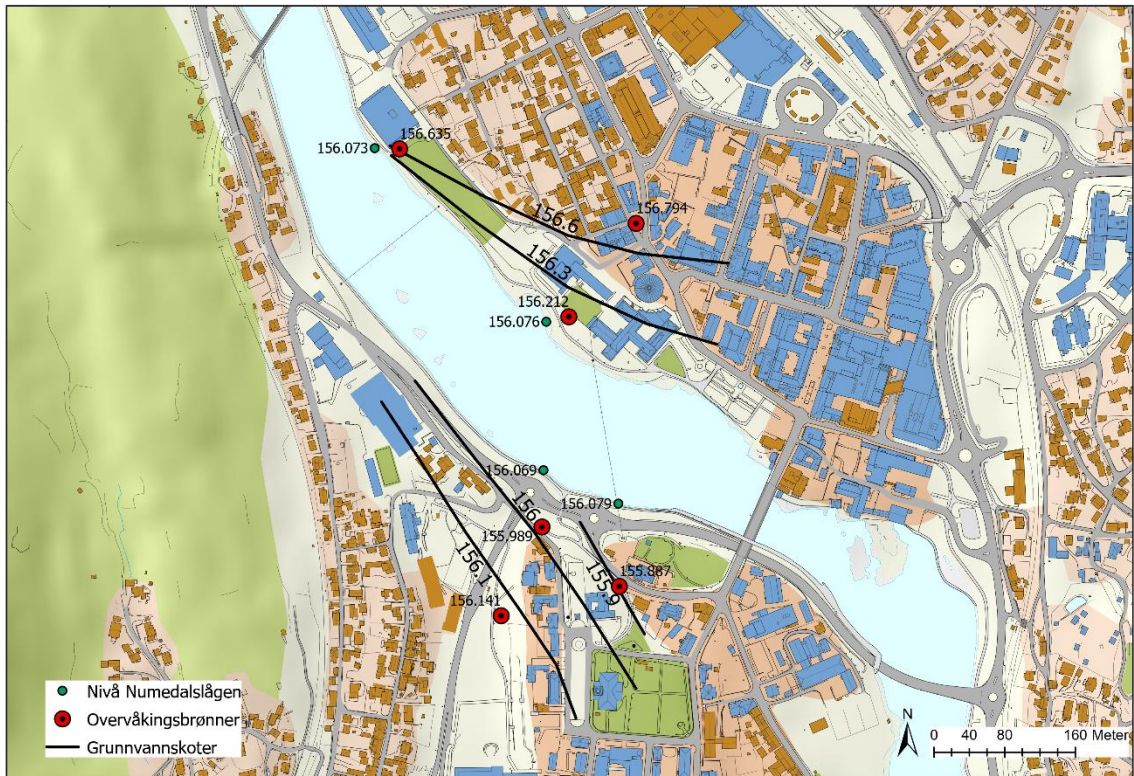
Figur 19: Avgrensing av nedbørsfelt til grunnvannsforekomsten i Kongsberg sentrum

4.2.1 Grunnvannstand, nedbør og vannstand i Lågen

For å kartlegge grunnvannsnivå og strømningsforhold i grunnvannsforekomsten ble brønnene målt inn med differensiell GPS for nøyaktig høydeangivelse. I tillegg til manuelle vannstandsmålinger, ble det installert automatiske loggere i alle fem brønner for å registrere endringer i vanntrykk, grunnvannstemperatur og grunnvannets elektriske ledningsevne. Den rapporterte måleperioden er fra oktober 2017 til mai 2019 med en times loggeintervall. Endringer i vanntrykket som følge av atmosfæriske trykkendringer ble korrigert ved hjelp av en barometrisk logger plassert i brønntoppen i overvåkingsbrønn Krona.

I forbindelse med innmåling og peiling av grunnvannsnivå i brønnene 20. mai 2018 ble det også målt inn vannivå ved flere punkter langs Lågen. På grunnlag av disse målingene er det fremstilt et grunnvannskotekart for denne dagen som viser at grunnvannet strømmer fra grunnvannsforekomsten og ut mot elva denne dagen (Figur 20/ Figur 24).

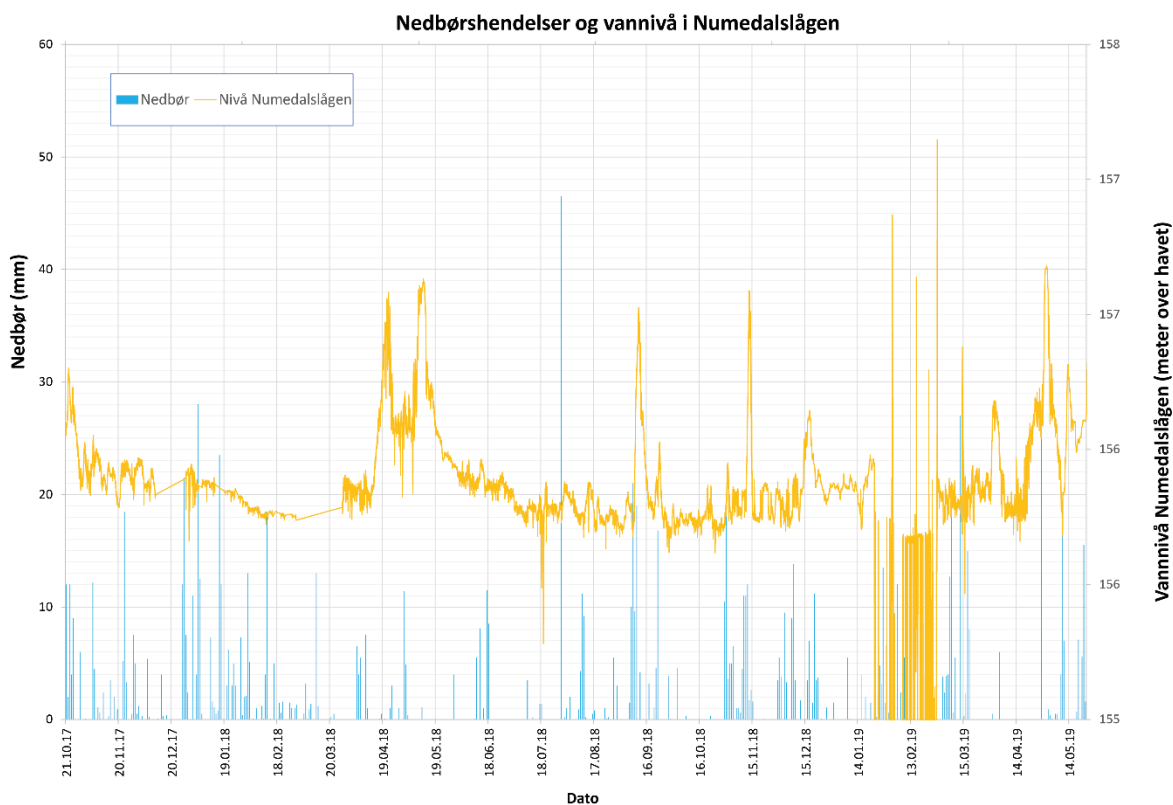
Det er ikke utført manuelle nivåmålinger i elva i ettertid. For kunne å studere samvariasjonen mellom elvenivå og grunnvannsnivå i måleperioden er det benyttet tidsserier med digitale nivåmålinger fra NVEs målestasjon ved jernbanebrua over Lågen rett nord for overvåkingsbrønn Svømmehallen. De digitale elvenivåmålingene er høydereferert mot GPS-målingen av elvenivå i målepunktet rett nord for overvåkingsbrønn Gangbrua. Dette forutsetter at nivåendringer i elva ved dette målepunktet har tilnærmet samme variasjon som nivåendringene registrert ved NVE sin målestasjon i måleperioden, noe som antas å være gyldig da Lågen har en svært liten gradient i dette elvestrekket.



Figur 20: Grunnvannskotekart basert på målinger av grunnvannsnivå i overvåkingsbrønnene og vannivå langs Numedalslågen den 21. oktober 2017. Alle høyder er angitt i meter over havet.

For å studere den lokale nedbørens betydning på vannivået i Lågen er nedbørsdata fra Meteorologisk institutt sin målestasjon ved Kongsberg brannstasjon benyttet.

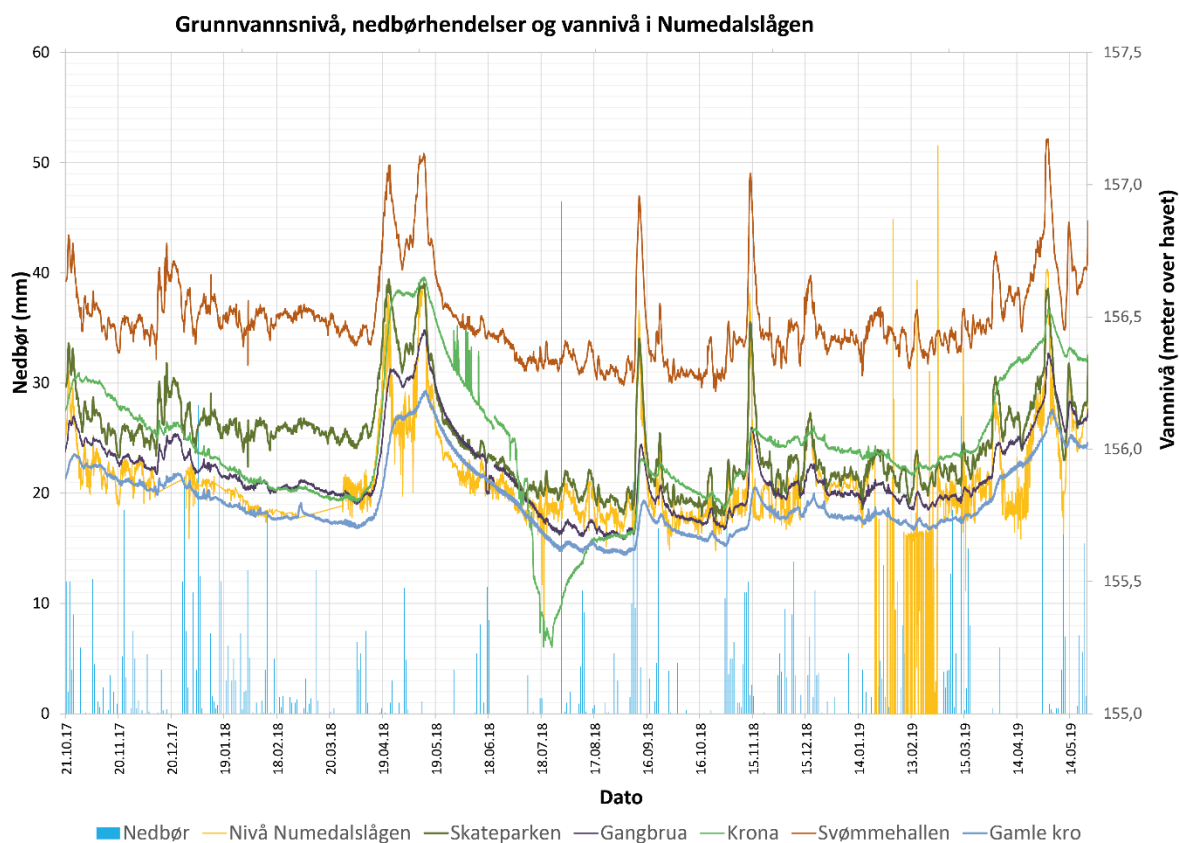
Som det framgår av sammenstilling av nedbørsdata og registreringer av elvenivå er det liten samvariasjon i målingene (Figur 21). Dette kan forklares ut fra det store nedslagsfeltet til Numedalslågens som strekker seg langt inn på Hardangervidda og flere andre fjellområder, slik at nedbør i Kongsbergområdet vil utgjøre kun en liten del av vannføring i vassdraget. Nivåendringene i Lågen påvirkes derfor i hovedsakelig av snøsmelting i fjellet om våren samt noen større nedbørsepisoder om høsten. Måledataen viser forøvrig at elvenivåloggeren hadde funksjonsproblemer i perioden januar – mars 2019.



Figur 21: Nivåmålinger i Numedalslågen ved jernbanebroen og døgnnedbør målt ved målestasjon Kongsberg brannstasjon i perioden oktober 2017 – mai 2019 (Kilder: NVE <http://sildre.nve.no/Sildre>, Meteorologisk institutt <http://eklima.met.no/>)

Sammenstilling av loggerdata av grunnvannsnivå fra overvåkingsbrønnene med nedbørsdata og elvenivået viser at endringer i grunnvannsnivået er styrt av vannivået i Numedalslågen, og selv betydelige lokale nedbørsepisoder gir liten påvirkning på vannivået i elva eller grunnvannet (Figur 22). Hurtige endringer i vannivået i elva gir tilnærmet tilsvarende respons i overvåkingsbrønnene og viser at det er god hydraulisk kontakt mellom Numedalslågen og grunnvannsforekomsten.

Det er verdt å merke seg at grunnvannsnivået i overvåkingsbrønnene ligger høyere enn elvenivået i størstedelen av måleperioden, noe som viser at grunnvann strømmer fra grunnvannsforekomsten og ut mot elva, lik strømningsbildet vist i Figur 20. I enkelte perioder ligger elvenivået høyere enn grunnvannsnivået i flere av overvåkingsbrønnene, noe som indikerer en reversering av grunnvannsstrømmen der elvevann infiltrerer grunnvannsforekomsten. Dette er spesielt fremtredende i perioden juli – august 2018 for området på vestsiden av Lågen, der registreringene av grunnvannsnivå viser en betydelig hydraulisk gradient fra elva mot de tre overvåkingsbrønnene. Det er særlig grunnvannsnivået ved overvåkingsbrønn Krona som synker betydelig i hele juli før det igjen begynner å stige i august, og det er ikke før i midten av september at grunnvannsnivået i dette området stiger over elvenivået. Slike gradientsendringer og endringer i grunnvannsstrømmen vil også kunne føre til betydelige endringer i grunnvannets kjemiske sammensetning. Dette ble også registrert og vil bli omtalt i påfølgende kapittel.



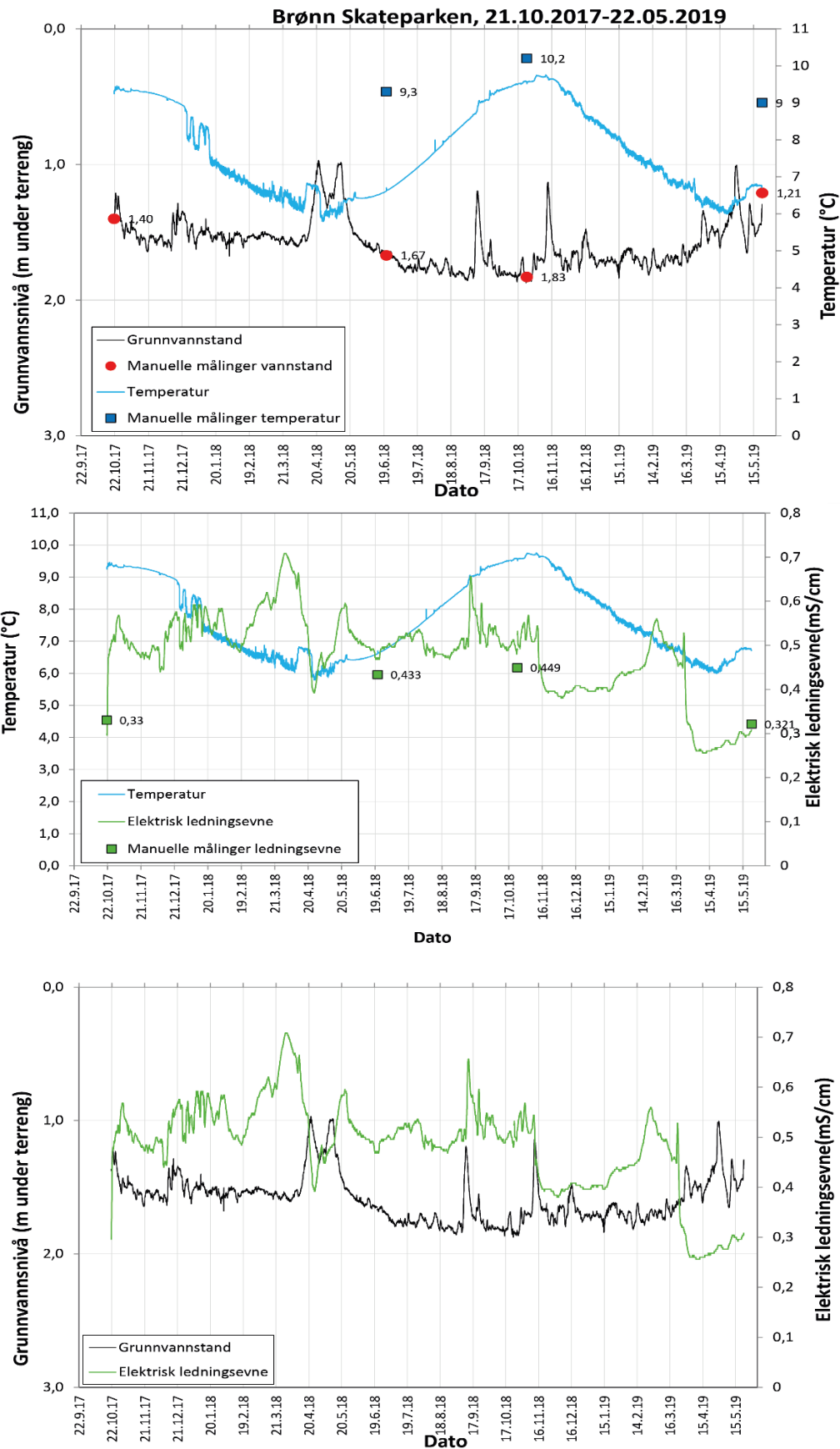
Figur 22: Endringer i vannivå i Numedalslågen og overvåkingsbrønnene samt nedbørhendelser i perioden oktober 2017 - mai 2019

4.3 Resultater fra automatisk logging og manuelle målinger i observasjonsbrønnene

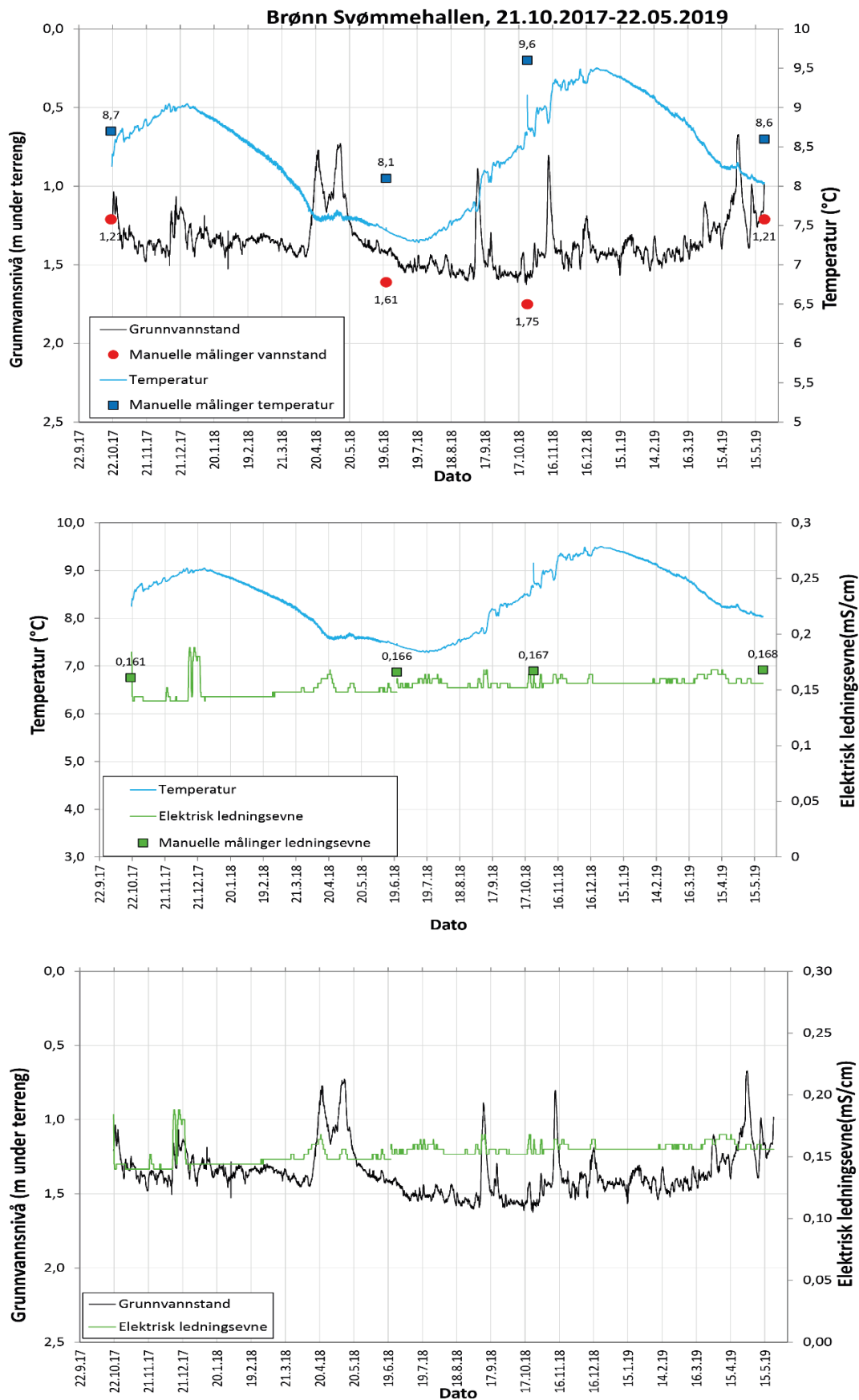
Det er i de påfølgende kapittel gitt en oversikt over resultater fra den automatiske loggingen av grunnvannsnivå, temperatur og elektrisk ledningsevne i observasjonsbrønnene for perioden oktober 2017 til mai 2019, samt manuelle målinger fra feltkampanjer i den samme perioden.

4.3.1 Overvåkingsbrønn Skateparken

Resultatene fra den automatiske loggingen i observasjonsbrønnen viser at grunnvannsnivå, grunnvannstemperatur og grunnvannets elektriske ledningsevne varierer betydelig i måleperioden. Grunnvannsnivået og ledningsevnen viser begge hurtige endringer som dels er sammenfallende i tid, og der vår og høstflommer i Lågen med sammenfallende høyt grunnvannsnivå ser ut til å gi en reduksjon i grunnvannets ledningsevne. Til forskjell fra grunnvannsnivå og ledningsevne endres grunnvannstemperaturen svært langsomt og viser en temperaturforsinkelse på mange uker i forhold til atmosfære- og elvetemperaturen. Dette indikerer at grunnvannsstrømmen og utskiftingen av grunnvann er liten i dette området av grunnvannsforekomsten, noe som stemmer godt overens med den dårlige vanngiverevnen i løsmassene registrert under pumping og prøvetaking av overvåkingsbrønnen.



Figur 23: Resultater fra manuelle målinger og automatisk logging i overvåkingsbrønn Skateparken



Figur 24: Resultater fra manuelle målinger og automatisk logging i overvåkingsbrønn Svømmehallen

4.3.2 Overvåkingsbrønn Svømmehallen

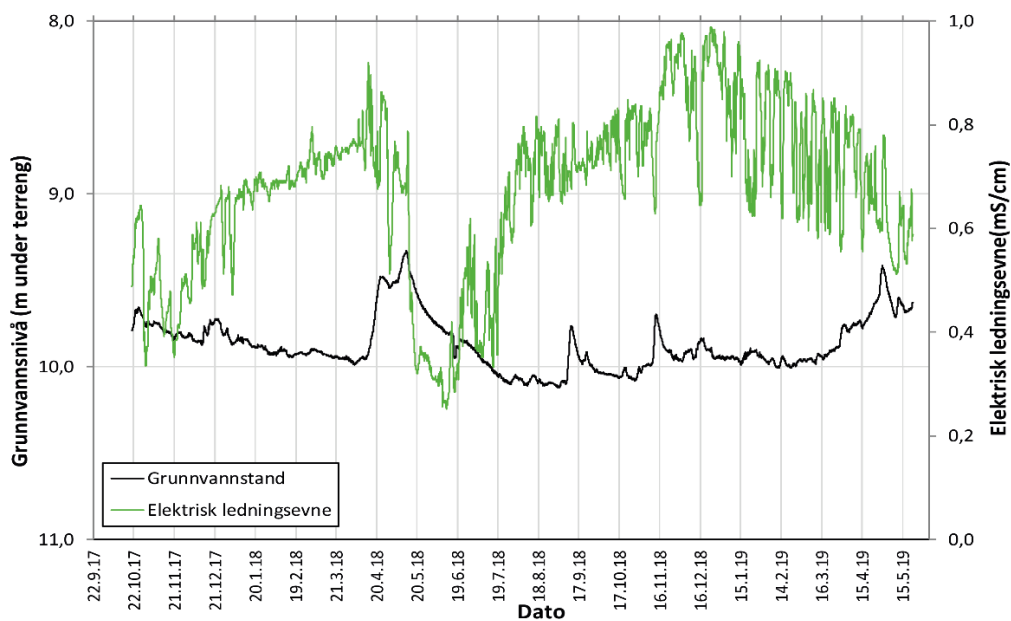
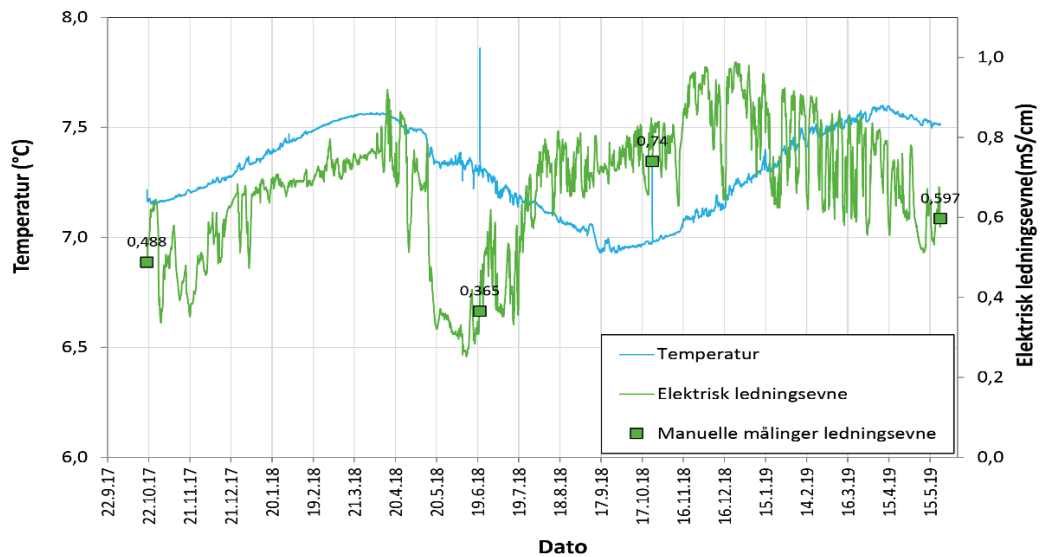
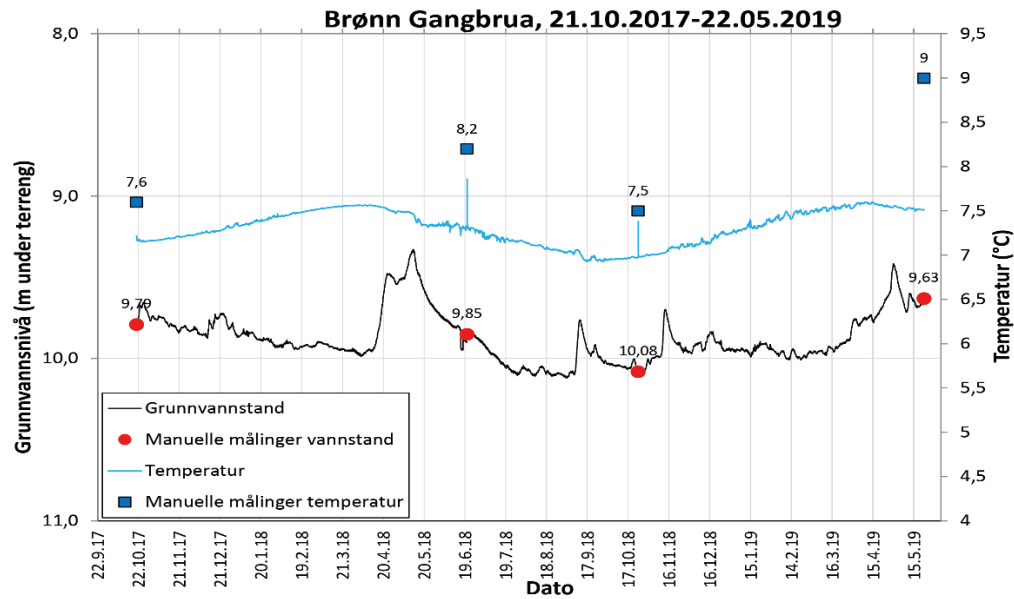
Resultatene fra den automatiske loggingen i observasjonsbrønnen viser at grunnvannsnivå og grunnvannstemperatur varierer betydelig i måleperioden mens grunnvannets elektriske ledningsevne variere svært lite (Figur 24). Endringene i grunnvannstemperaturen er betydelig forsinket i forhold til temperaturendringene i Lågen og viser, sammen med den stabile ledningsevnen, at det i dette området ikke tilføres elvevann til grunnvannsforekomsten. Registreringer av gjennomgående høyere grunnvannsnivå i brønnen enn vannivå i elva i hele måleperioden viser også at det er en hydraulisk strømningsgradient fra grunnvannsforekomsten til elva.

4.3.3 Overvåkingsbrønn Gangbrua

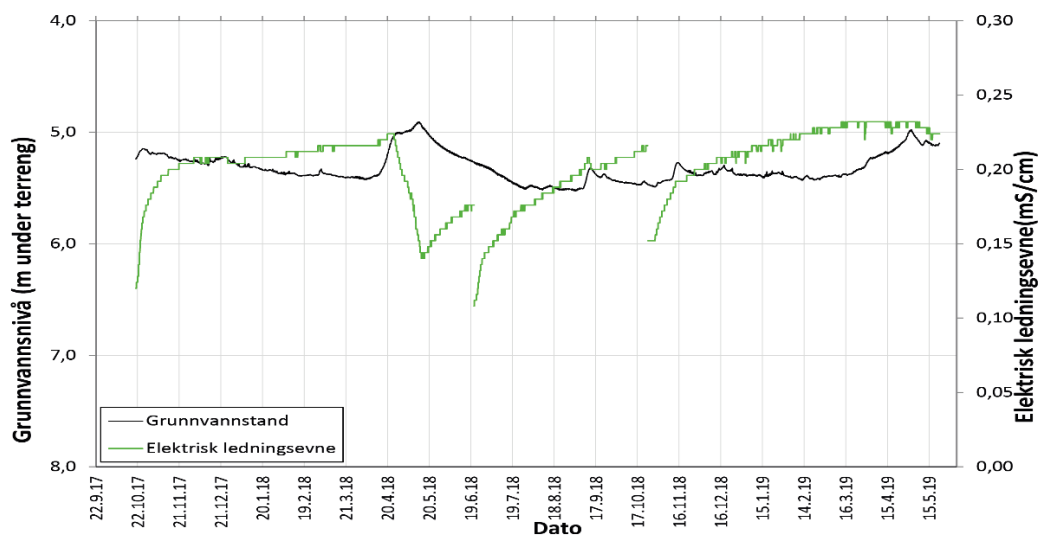
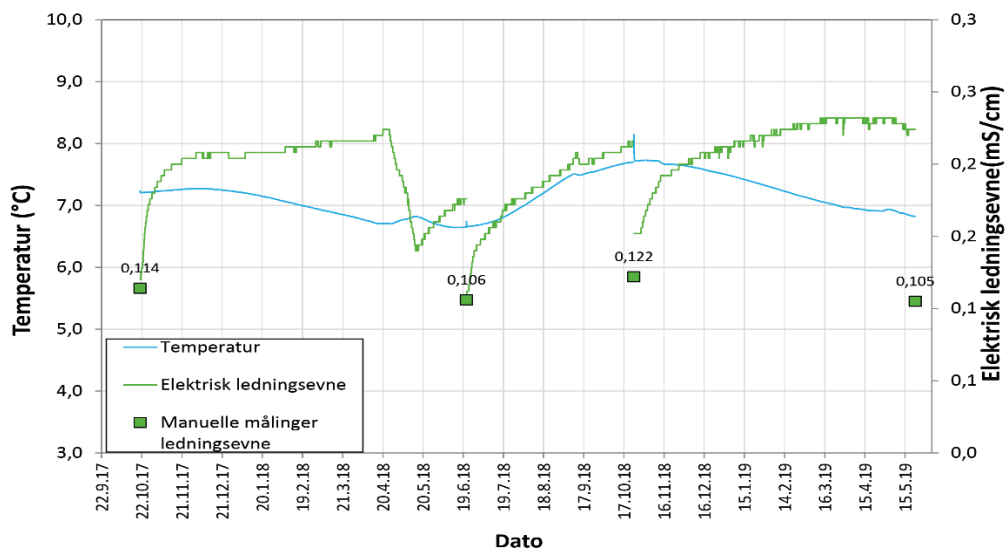
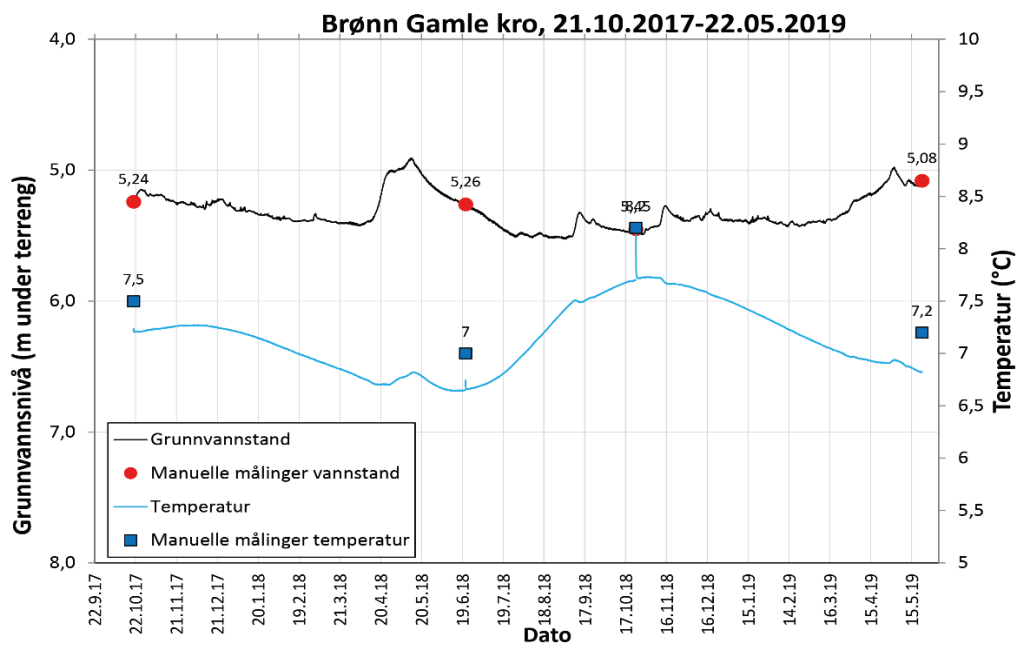
Resultatene fra den automatiske loggingen i observasjonsbrønnen viser at grunnvannsnivå og elektriske ledningsevne varierer betydelig i måleperioden mens grunnvannstemperatur variere svært lite (Figur 25). Grunnvannsnivået og ledningsevnen viser begge hurtige endringer som dels er sammenfallende i tid, der vår og høstflommer i Lågen med høyt grunnvannsnivå ser ut til å gi en reduksjon i grunnvannets ledningsevne. Dette indikerer at det er god hydraulisk kontakt mellom elva og grunnvannsforekomsten i dette området og at det skjer en vekselvis utveksling av vann mellom elva og grunnvannsforekomsten. Under vårfloppen 2018 registreres det en markert og forsinket senkning i grunnvannets elektriske ledningsevne som indikerer betydelig infiltrasjon av elvevann til grunnvannsforekomsten i denne perioden.

4.3.4 Overvåkingsbrønn Gamle kro

Resultatene fra den automatiske loggingen i observasjonsbrønnen viser at grunnvannsnivå, grunnvannstemperatur og grunnvannets elektriske varierer i måleperioden (Figur 26). De registrerte endringene i ledningsevnen i etterkant av vannprøvetaking viser at pumping påvirker grunnvannskjemien i brønnen der loggeren er plassert. Dette har trolig sammenheng med at brønnfilteret står delvis ned i fjell og at loggeren er plassert i bunnen av brønnen der vannutskiftingen er forholdsvis liten i forhold til i de overliggende løsmassene. Under pumping vil brønnvannet skiftes ut med grunnvann fra løsmassene med en noe annen grunnvannskjemi enn grunnvann i fjellgrunnen. Etter prøvetaking vil grunnvannet i fjelldelen av brønnen over tid få endret vannkjemien og gjenspeile vannkjemien i fjellgrunnen. De utførte vannanalysene vil følgelig representere vannkjemien i løsmassene i dette området. Det registreres også at flom i Lågen gir reduksjon i ledningsevnen i brønnvannet, noe som viser økt tilførsel av elvevann og utskifting av grunnvann i grunnvannsforekomsten i slike flomperioder.



Figur 25: Resultater fra manuelle målinger og automatisk logging i overvåkingsbrønn Gangbrua



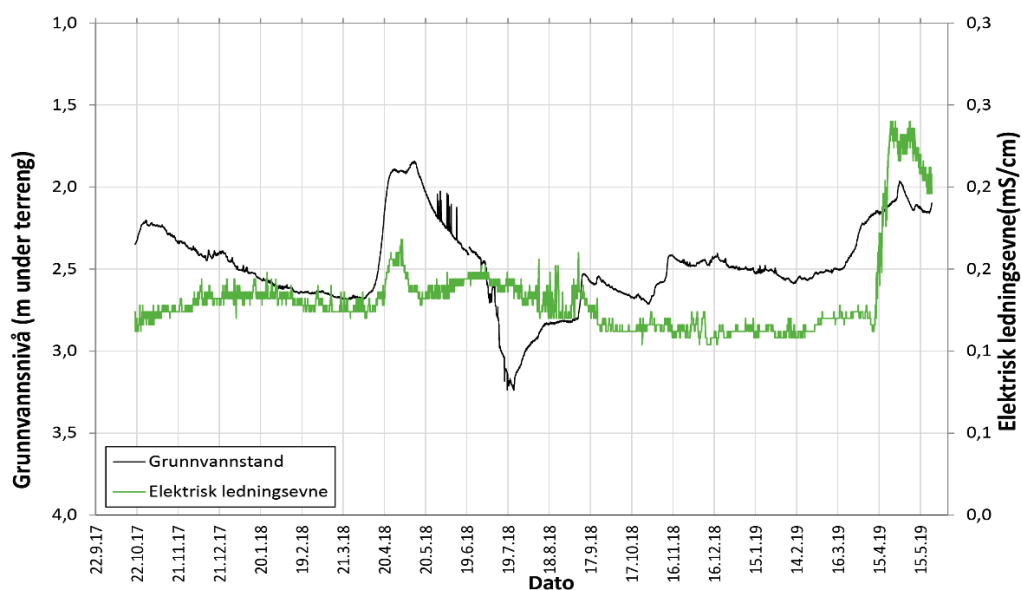
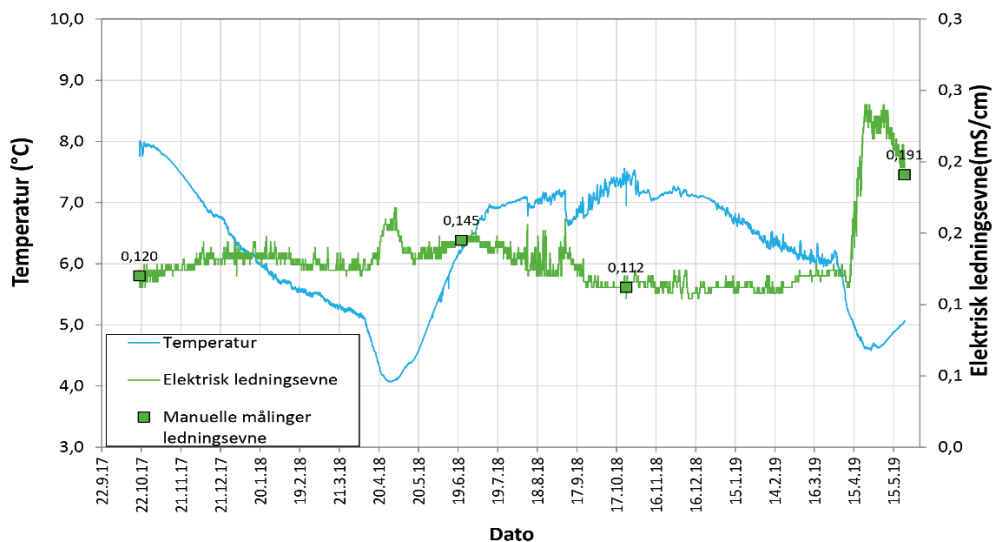
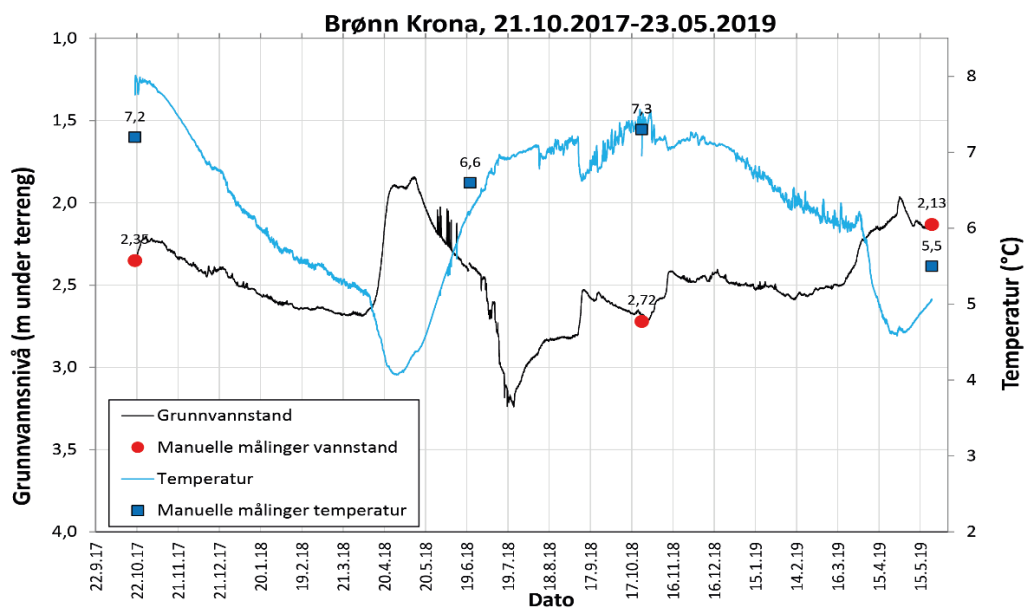
Figur 26: Resultater fra manuelle målinger og automatisk logging i overvåkingsbrønn Gamle kro

4.3.5 Overvåkingsbrønn Krona

Resultatene fra den automatiske loggingen i observasjonsbrønnen viser at grunnvannsnivå, grunnvannstemperatur og grunnvannets elektriske varierer betydelig i måleperioden i dette området av grunnvannsforekomsten (Figur 27). Måleparameterne viser også sammenfallende endringer i tid, der snøsmelting og vårflokker med høyt grunnvannsnivå gir betydelig senkning i grunnvannstemperatur parallelt med en økning i grunnvannets elektriske ledningsevne. Det er ingen forsinkelse i temperatursenkningen i grunnvannet i forhold til snøsmelting og vårflokk, noe som viser betydelig smeltevannstilførsel og høy vanngjennomstrømning i grunnvannsforekomsten. Grunnvannsnivået i dette området ligger også i flomperiodene over vannivået i Lågen, slik at tilført overflatevann ikke skyldes infiltrasjon av flomvann fra Lågen men må være tilført grunnvannsforekomsten fra det lokale nedbørsfeltet.

Økning i grunnvannets ledningsevne i snøsmelte- og flomperioder viser at grunnvannsforekomsten i brønnområdet blir tilført grunnvann med en annen kjemisk sammensetning enn under normale strømningsforhold (se avsnitt 4.5).

Som nevnt tidligere oppsto det under tørkesommeren 2018 en betydelig grunnvannssenkning i dette området av grunnvannsforekomsten, noe som medførte en reversering av grunnvannsstrømmen og infiltrasjon av ellevann til grunnvannsforekomsten. Denne endrete strømmingssituasjonen har også hatt innvirkning på grunnvannets kjemiske sammensetning, og vil bli omtalt nærmere i det påfølgende kapittel.



Figur 27: Resultater fra manuelle målinger og automatisk logging i overvåkingsbrønn Krona

4.4 Vannprøvetaking og analyseresultater 2017-2019

Det er tatt ut grunnvannsprøver til fysikalske og kjemiske laboratorieanalyser fra alle overvåkingsbrønnene i oktober 2017, juni 2018, oktober 2018 og mai 2019 utenom fra observasjonsbrønnen ved Nymoens Torg hvor det på grunn av hærverk kun foreligger analyseresultater fra oktober 2017.

Både senkepumpe og sugepumpe ble benyttet for uttak av grunnvannsprøver, og det ble i forbindelse med prøvetakning utført feltmålinger av pH, elektrisk ledningsevne, temperatur, alkalitet samt manuelle målinger av grunnvannsnivå og avlesning av de digitale loggerne. Vannprøvene ble så hurtig som mulig etter uttak sendt til kjemisk laboratorium for analyse. I tillegg til standard fysikalske og kjemiske analyser for grunnvann ble det også tatt ut grunnvannsprøver til utvalgte miljøkjemiske vannanalyser. I disse analysene ble det analysert for hydrokarboner, PAH, PCB, flyktige organiske forbindelser (VOC), samt BTEX. Det er forventet at dette analyseprogrammet vil avdekke eventuell påvirkning fra nåværende og tidligere industri og urban aktivitet i tilstrømningsområdet til overvåkingsbrønnene på grunnvannets kjemiske sammensetning. I 2017 ble vannprøvene analysert ved Eurofins mens vannprøvene fra 2018 og 2019 ble analysert ved ALS. Begge laboratorier er akkreditert for de utført vannanalyser. Samtlige feltmålinger og analyseresultater er vist i vedlegg 3.

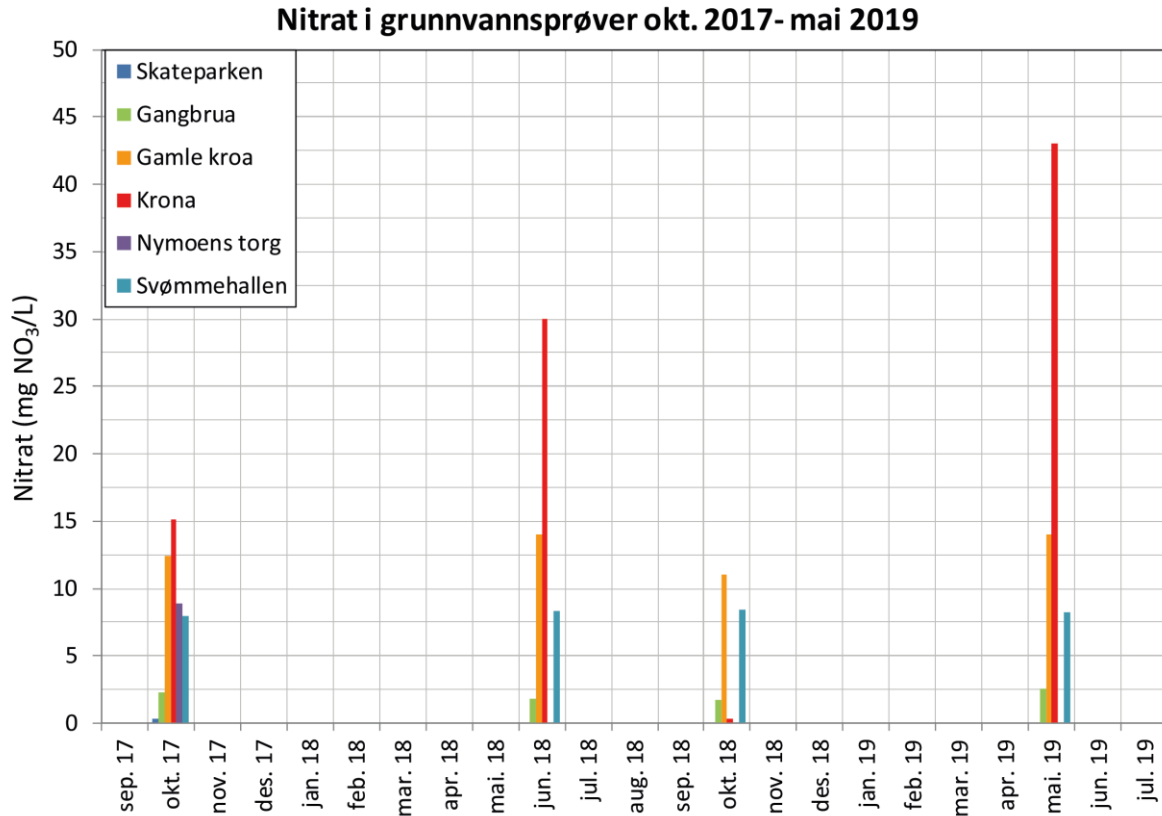
4.5 Resultater fra vannanalyser 2017 – 2019

Det er i Tabell 2 og Tabell 3 under vist en sammenstilling av et representativt utvalg av analyseresultater fra de utførte undersøkelsene. Sett under ett viser de utførte analysene at grunnvannsføremkomsten i Kongsberg sentrum har gjennomgående lave verdier for de fleste analyserte parametere. Det registreres imidlertid noe ulik kjemisk sammensetning i grunnvannet øst for Lågen sammenliknet med grunnvannet på vestsiden av Lågen.

I overvåkingsbrønn Skateparken registreres det meget høye ammoniumverdier (NH_4^+) som ligger betydelig over angitt terskelverdi i alle analyserte vannprøver. De høye ammoniumsverdiene viser at det er oksygenfrie reduserende forhold i dette område av grunnvannsføremkomsten, og som kan være resultat av urban forurensning. Det er også gjort funn av flyktige organiske forbindelser (BTEX) i flere av prøvene som også indikerer urban påvirkning av grunnvannet. De høye ammoniumkonsentrasjonene i grunnvannet kan også ha en sammenheng med det høye innhold av organisk materiale i sedimentene med liten vanngjennomstrømning og tilnærmet stagnante forhold i dette området av grunnvannsføremkomsten.

I observasjonsbrønn Nymoens torg er det spesielt funn av tetrakloreten over grenseverdien som skiller seg ut (Tabell 3). Da det kun foreligger en prøvetakning av grunnvannet i denne brønnen har det ikke vært mulig å verifisere om grunnvannet i dette området faktisk er forurenset med dette løsemiddelet eller om dette funnet kan skyldes kontaminering under brønnetablering, prøveuttak, analyse- og/eller rapporteringsfeil.

I overvåkingsbrønn Svømmehallen er det gjort funn av BTEX-forbindelser i vannprøvene tatt ut høsten 2018 og våren 2019, men i meget lave konsentrasjoner. Ut over disse funnene viser analyseresultatene ingen urban påvirkning på grunnvannet i dette området av grunnvannsføremkomsten



Figur 28: Nitrat i grunnvannsprøver fra overvåkingsbrønner i Kongsberg sentrum fra fire prøveuttak i perioden oktober 2017 – mai 2019

På vestsiden av Lågen er det gjort funn av BTEX-forbindelser i vannprøvene i alle de tre overvåkingsbrønnene, men også her er konsentrasjonene meget lave. I dette området er det spesielt de høye nitratverdiene i vannprøvene fra overvåkingsbrønn Krona som skiller seg ut, og prøven fra mai 2019 ligger over vendepunktverdien (Figur 28). Ut fra analyseresultatene kan det se ut som nitratinnholdet i grunnvannet i dette område av grunnvannsförekomsten har en stigende trend i måleperioden. Det registreres imidlertid meget lavt nitratinnhold i vannprøven fra oktober 2018, noe som klart skiller seg ut fra denne trenden. Forklaringen på det lave nitratinnholdet må trolig sees i sammenheng med forutgående tørke på sommeren 2018 og en lengre periode med endret strømmingssituasjon i grunnvannsförekomsten (Figur 22), der reversering av grunnvannsstrømmen må ha tilført grunnvann med lavt nitratinnhold til området ved overvåkingsbrønnen. Den svært lave konsentrasjonen av nitrat i oktober 2018 viser at grunnvannet må ha gjennomgått denitrifisering under anoksiske forhold, og som kan spores til vanntilførsel fra området ved den gjenfylte dødisgropen (Figur 5). Ut over det lave nitratinnholdet registreres det ingen større endringer i grunnvannets kjemiske sammensetning sammenliknet med de to foregående prøveuttak i mai og oktober 2017. I den etterfølgende prøvetaking i mai 2019 har grunnvannsnivået i dette området normalisert seg, og grunnvannsstrømmen har vært rettet ut mot Lågen i mange måneder forut for prøvetakingen. Det registreres også en hurtig økning i grunnvannets elektriske ledningsevne i forbindelse med snøsmeltingen i april 2019, og som ut fra analyseresultatene for prøven tatt ut i mai 2019, trolig skyldes økningen i nitrat samt kalsium og klorid. Det registreres også en moderat økning i ledningsevnen i forbindelse med snøsmeltingen våren 2018 som viser at vårløsning med økt tilførsel av vann fra det lokale nedbørsfeltet gir en endring i grunnvannets kjemiske sammensetning.

I alle vannprøvene fra overvåkingsbrønn Gangbrua registreres det høye kloridkonsentrasjoner, og vannprøven tatt ut i oktober 2018 har kloridverdi over vendepunktverdien. De høye kloridkonsentrasjonene korresponderer med tilsvarende høye konsentrasjoner av natrium og indikerer at kilden til denne forurensingen er veisaltning vinterstid. Overvåkingsbrønnen ligger også utsatt til for slik forurensing, lokalisert rett ved en mye trafikkert rundkjøring. Den høye saltkonsentrasjonen i grunnvannet reflekteres også i grunnvannets elektriske ledningsevne som ligger betydelig høyere enn i de andre overvåkingsbrønnene. Det registreres også raske svingninger i ledningsevnen som tyder på skiftende strømningsforhold med tidvis infiltrasjon av elvevann i perioder med høy vannføring i Lågen. Spesielt i forbindelse med vårflommen i 2018, og den etterfølgende tørkesommer med lavt grunnvannsnivå i dette område, registreres det en lengre periode med lav ledningsevne og betydelig infiltrasjon av elvevann til grunnvannsforkomsten. Dette er også i samsvar med de etterfølgende endringer i grunnvannskjemien registrert i overvåkingsbrønn Krona.

Analysene av vannprøvene fra overvåkingsbrønn Gamle kro viser liten variasjon og gjennomgående lave konsentrasjoner av de målte parametere. Vannkjemien i brønnen påvirkes imidlertid av høyt vannivå i Lågen, noe som registreres som en markert senkning i elektrisk ledningsevne (Figur 26: Resultater fra manuelle målinger og automatisk logging i overvåkingsbrønn Gamle kro). Disse endringene må, som for overvåkingsbrønn Gangbrua, være et resultat av infiltrasjon av elvevann til grunnvannsforkomsten. Liknende endringer i ledningsevnen registreres også i forbindelse med vannprøvetakning og viser utskifting av grunnvannet i den nedre delen av brønnen (som står i fjell) med grunnvann fra overliggende løsmasser. De utførte vannanalysene er følgelig representative for grunnvannets kjemiske sammensetning i løsmassene i dette området.

4.6 Representativitet av kjemisk kartlegging av grunnvannsforkomsten

De etablerte overvåkingsbrønnene i Kongsberg sentrum gir et godt utgangspunkt for kartlegging og overvåking av grunnvannsforkomstens kjemiske tilstand. Overvåkingen har, til tross for at den har pågått over forholdsvis kort tid, vist dynamiske endringer i grunnvannets kjemiske sammensetning både gjennom analyseresultater og automatiske målinger av elektrisk ledningsevne. Det har også lyktes, med unntak for overvåkingsbrønn Nymoens torg, å ta ut grunnvannsprøver i perioder med relativ lav og høy elektrisk ledningsevne i grunnvannet. Det forventes derfor at analyseresultatene er representative for grunnvannets kjemiske sammensetning i overvåkingsbrønnene i måleperioden oktober 2017 – mai 2019.

Det må fremheves at det i denne undersøkelsen er analysert på et begrenset antall miljøbelastende forbindelser slik at grunnvannet i Kongsberg sentrum kan inneholde andre miljøgifter som analyseprogrammet ikke har avdekket.

5. Konklusjon og forslag til videre undersøkelser

Kartlegging og overvåking av grunnvannskjemi i de etablerte overvåkingsbrønnene i perioden mai 2017 – mai 2019 viser at grunnvannsforkomsten i Kongsberg sentrum har noe varierende kjemisk tilstand, der området på østsiden av Lågen viser tegn på urban påvirkning med ammoniumkonsentrasjoner over terskelverdi og funn av det organiske løsemiddelet tetrakloreten, mens grunnvannet fra området på vestsiden av Lågen viser urban påvirkning ved høyt innhold av nitrat og stedvis høyt innhold av klorid. Til tross for de registrerte urbane belastninger på grunnvannskjemien, ansees likevel grunnvannsforkomsten i Kongsberg sentrum per i dag å ha god kjemisk tilstand.

Kartleggingen av grunnvannets kjemiske sammensetning i Kongsberg sentrum er imidlertid basert på et fåtall vannprøver tatt ut over en begrenset tidsperiode. Det registreres også en stigende trend av nitratinnholdet i grunnvannet i deler av forekomsten. Det anbefales derfor at overvåkingen av grunnvannsforekomsten bør fortsette for å gi et bedre statistisk grunnlag til å fastsette forekomstens kjemiske tilstand. Det bør også vurderes om analyseprogrammet skal utvides med andre parametere, for eksempel PFAS, for å ha et analysegrunnlag som bedre representerer kjente miljøbelastninger fra urbane aktiviteter.

Tabell 2: Resultater for utvalgte kjemiske laboratorieanalyser av grunnvannsprøver fra overvåkningsbrønnene i Kongsberg sentrum. Rød markering angir konsentrasjoner over terskelverdi mens gul angir konsentrasjoner over vendepunktverdi gitt i vedlegg XI i Vannforskriften.

	Dato	NH4-N µg/l	Klorid mg/l	Nitrat mg NO3/l	Sulfat mg/l	Arsen µg/l	Bly µg/l	Kadmium µg/l	Kvikksølv µg/l
Terskelverdi		500	200	50	100	10	10	5	0,5
Vendepunktverdi		400	150	37,5	75	7,5	7,5	3,74	0,4
Nymoens torg	21.10.2017	16	63,7	8,9	40,2	3,67	0,101	<0.03	< 0.005
Skate-parken	21.10.2017	8820	9,64	<0.10	2,96	6,42	0,499	0,041	< 0.005
	21.06.2018	9600	14	<0.10	2	1,3	0,283	0,00567	<0.002
	24.10.2018	11000	10,8	<0.10	5	1,19	0,0842	<0.01	<0.002
	22.05.2019	10000	14	<0.10	<0.50	1,22	<0.05	<0.01	<0.002
Gangbrua	20.10.2017	<10	91	2,3	12,1	0,606	0,109	<0.004	<0.002
	20.06.2018	8	77	1,8	7	0,925	0,0402	0,0142	0,00236
	24.10.2018	<3	177	1,7	14	0,285	0,0231	0,0264	<0.002
	22.05.2019	<3	130	2,6	16	0,166	0,0165	0,017	<0.002
Gamle kroa	20.10.2017	<10	3,93	12,4	7,35	1,5	<0.05	<0.03	0,02
	21.06.2018	22	4	14,0	10	1,57	0,0471	0,01	0,0126
	24.10.2018	4	6,56	11,0	10	1,19	0,047	0,011	0,00552
	22.05.2019	12	4,2	14,0	9,5	0,947	0,0379	0,0105	0,0137
Krona	20.10.2017	160	2,4	15,1	11,6	4,37	0,166	0,047	< 0.005
	20.06.2018	17	6	30,0	19	0,509	0,483	0,0793	0,00402
	24.10.2018	16	4,84	0,3	20	0,641	0,22	0,0545	<0.002
	22.05.2019	5	8,8	43,0	19	0,566	0,194	0,0691	0,00334
Svømmehallen	21.10.2017	<10	10,8	7,9	18	0,124	<0.05	<0.03	< 0.005
	21.06.2018	13	11	8,3	22	0,139	0,0214	0,0368	<0.002
	24.10.2018	4	11,2	8,4	20	0,134	<0.01	0,0194	<0.002
	22.05.2019	10	11	8,2	21	0,0853	<0.01	0,0271	<0.002

Tabell 3: Analyseresultater for utvalgte organiske forbindelser. Det ble påvist totale hydrokarboner (THC) i tre vannprøver. Av PAH-forbindelsene ble det kun påvist naftalen. BTEX forbindelsene ble påvist i de fleste vannprøvene. Det er målt høy konsentrasjon av det flyktige organiske løsemiddelet tetrakloreten i en prøve fra overvåkingsbrønnen ved Nymoens torg.

	Dato	PAH	BTEX og andre flyktige organiske komponenter									
		Naftalen µg/l	Benzen µg/l	Toulen µg/l	Etylbenzen µg/l	m,p-Xylen µg/l	o-Xylen µg/l	Xylener (sum) µg/l	Sum BTEX µg/l	Triklloreten µg/l	Tetrakloreten (PER) µg/l	cis-1,2- Dikloreten µg/l
Nymoens torg	21.10.2017	<0.010	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	ikke påvist	ikke påvist	0,29	35	
Skate-parken	21.10.2017	<0.010	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	ikke påvist	ikke påvist	< 0.10	< 0.10	
	21.06.2018	0,1	<0.20	1,56	0,19	0,52	0,26	0,78	2,53	<0.10	<0.20	<0.10
	24.10.2018	<0.030	0,077	1,1	0,036		0,099	0,099	1,3	<0.10	<0.20	<0.10
	22.05.2019	<0.030	0,45	3,8	0,17			0,53	5	<0.10	<0.20	<0.10
Gangbrua	20.10.2017	<0.010	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	ikke påvist	ikke påvist	< 0.10	< 0.10	
	20.06.2018	<0.030	<0.20	<1.00	<0.10	<0.20	<0.10	ikke påvist	ikke påvist	<0.10	<0.20	<0.10
	24.10.2018	<0.020	<0.020	0,16	0,11		0,31	0,31	0,58	<0.10	<0.20	<0.10
	22.05.2019	<0.030	0,044	0,32	0,051			0,13	0,55	<0.10	<0.20	<0.10
Gamle kroa	20.10.2017	<0.010	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	ikke påvist	ikke påvist	< 0.10	< 0.10	
	21.06.2018	<0.030	<0.20	<1.00	<0.10	<0.20	<0.10	ikke påvist	ikke påvist	<0.10	<0.20	0,13
	24.10.2018	<0.030	0,046	0,85	0,025		0,092	0,092	1	<0.10	<0.20	<0.10
	22.05.2019	<0.030	0,3	2,7	0,1			0,36	3,5	<0.10	<0.20	<0.10
Krona	20.10.2017	<0.010	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	ikke påvist	ikke påvist	< 0.10	< 0.10	
	20.06.2018	<0.030	<0.20	<1.00	<0.10	<0.20	<0.10	ikke påvist	ikke påvist	<0.10	<0.20	<0.10
	24.10.2018	<0.030	0,059	0,89	0,028		0,1	0,1	1,1	<0.10	<0.20	<0.10
	22.05.2019	<0.030	<0.020	0,15	0,031			0,12	0,3	0,16	<0.20	<0.10
Svømmehallen	21.10.2017	<0.010	<0.10	<0.10	<0.10	<0.20	<0.10	ikke påvist	ikke påvist	< 0.10	< 0.10	
	21.06.2018	<0.030	<0.20	<1.00	<0.10	<0.20	<0.10	ikke påvist	ikke påvist	<0.10	<0.20	<0.10
	24.10.2018	<0.030	0,27	2,5	0,15		0,81	0,81	3,7	<0.10	<0.20	<0.10
	22.05.2019	<0.030	0,39	3,1	0,12			0,42	4	<0.10	<0.20	<0.10

6. Referanser

- Andreassen, N. 2012. Utvidet miljøteknisk grunnundersøkelse - Norsk Bergverksmuseum. Multiconsult AS
- Bargel, T, H. Lien, R. 1990. M 1: 50 000. Kwartærgeologisk kart Kongsberg 1714-2 med beskrivelse. NGU
- Berg, I. B., F. Sæland, A. J. Nyland P.Ø. Østensen, F. S. Nordum. K. Kullerud. Bergverk i Norge – Kulturminner og historie. 2016 Fagbokforlaget
- Brønndatabasen Granada: <http://geo.ngu.no/kart/granada/>
- Meteorologisk institutt: <http://eklima.met.no/>
- Kwartærgeologisk kart: <http://geo.ngu.no/kart/losmasse>
- Tomprou, M. O. 2017. Kongsberg - Vestsiden ungdomsskole. Miljøtekniske undersøkelse. Rambøll AS
- Miljødirektoratet <https://grunnforurensning.miljodirektoratet.no/>
- Norges Vassdrag- og energidirektorat <http://sildre.nve.no/sildre/>
- Norges Vassdrag- og energidirektorat www.vann-nett.no
- Vannforskriften. Forskrift om rammer for vannforvaltningen: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2006-12-15-1446>



NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE
- NGU -

Prosjekt 325800
Landsomfattende mark- og grunnvannnett, LGN

Protokoll for prøvetaking og feltmålinger

Versjon 1.5: (22.03.2011)

Bygger i hovedsak på:

Banks, D. & Midtgård, Aa. K. (1998) Vannprøvetaking. Dokumentering av feltrutiner.

Dokument 4.3.1. Faggruppe for geokjemi og hydrogeologi, NGU.

Bearbeidet av Bjørn Frenstad og Øystein Jæger.

Innhold

1	Dokumentasjon av vannprøvetaking	2
2	Rensing av brønnen	2
2.1	Løsmassebrønner	2
2.2	Fjellbrønner	2
2.3	Kilder	2
3	Prøvetaking	2
3.1	Flasker	2
3.2	Rensing av utstyret	3
3.3	Prøvetaking	3
3.4	Filtrering.....	3
3.5	Konservering.....	4
3.6	ICP-MS Analyse	4
4	Feltemålinger	4
4.1	Temperatur	5
4.2	pH.....	5
4.3	Alkalitet	5
4.4	Ledningsevne.....	6
4.5	Oksygenmetning	6
5	Transport og lagring av prøver	6
6	Ved ankomst på laboratoriet	6

1 Dokumentasjon av vannprøvetaking

Informasjon om prøvetakingspunkt og feltmålinger dokumenteres i standard feltskjema for LGN samt i Standard for stedfestning av lokaliteter og prøver. Kopi av sistnevnte (prøveliste) skal alltid følge prøvene til laboratoriet. Følgende ekstra informasjonen er viktig:

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

2 Rensing av brønnen

Vann som har stått lenge i kontakt med brønnrør eller foringsrør kan inneholde kjemiske stoffer som er oppløst fra brønnkonstruksjonen. Brønnen skal derfor pumpes før prøvetaking slik at vannet renner klart og man trekker "ferskt" grunnvann.

2.1 Løsmassebrønner

I løsmasseakviferer bør man ideelt pumpe vannet inntil det renner tilsynelatende klart og elektrisk ledningsevne og temperatur er stabile, minimum 15 minutter. 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 liten 12 V elektrisk senkpumpe med turtallsregulator. Turtallet reguleres slik at pumpa ikke trekker luft.

2.2 Fjellbrønner

Det er viktig å unngå å prøveta stagnant vann fra brønnen. Det brukes en turtallsstyrt senkpumpe med 60 meter slange. Vann-nivået i brønnen senkes til like over dette nivået og turtallet på pumpa reguleres slik at senkningshøyden er stasjonær. Det pumpes deretter til ledningsevne og temperatur er stabile, minimum 15 minutter, før prøven tas.

2.3 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

3 Prøvetaking

3.1 Flasker

Det tas rutinemessig følgende prøver:

- i. 1 x 500 ml prøve (ufiltrert) som analyseres for pH, alkalitet, elektrisk ledningsevne (EC), fargetall og turbiditet.
- ii. 1 x 100 ml prøve (ufiltrert) som analyseres for totalt organisk karbon (TOC). Prøvetas bare på høstrunden.
- iii. 1 x 100 ml prøve (filtrert på 0,45 µm) som analyseres for anioner vha. ionekromatografi (IC).
- iv. 1 x 50 ml prøve (filtrert på 0,45 µm) som analyseres for kationer/metaller vha. ICP-AES og ICP-MS.
- v. 1 x 100 ml prøve (filtrert på 0,45 µm) som analyseres for ammonium vha. spektrofotometer,

Prøvene tas i polyetenflasker. Det brukes alltid nye flasker (evt. godkjente, syrevaskede flasker).

3.2 Rensing av utstyret

Filtrerte prøver tas vha. 0,45 µm Minisart disk-filtre, sammen med en polyeten sprøyte. Filtrene er engangsfiltre, men sprøyten kan brukes om igjen. Det er derfor viktig å skylle sprøyten grundig tre ganger med vannet som skal prøvetas, før man begynner med prøvetakingen.

Flaskene renses i vannet som skal prøvetas. Flasker for analyse (i) og (ii) renses grundig tre ganger med det aktuelle vannet. Flasker for analyser (iii), (iv) og (v) renses *i tillegg* to ganger med vann som er filtrert gjennom 0,45 µm filter.

3.3 Prøvetaking

Prøvene tas vanligvis fra et punkt nærmest mulig pumpen.

Flaskene (i) og (ii) fylles helt opp og lukkes med kork.

De andre flaskene fylles med vann fra sprøyten filtrert gjennom filteret. Pass på at hendene ikke kommer i kontakt med spissen på filteret, sprøyten eller innsiden av flaske/kork. Flaskene lukkes med kork og merkes F (filtrert). Det skal brukes engangshansker ved all berøring av flaske (iv) (prøven for kationer/metaller).

3.4 Filtrering

Prøver som skal analyseres for metaller og kationer 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 (feks. filterstørrelse)

Dersom det er høy konsentrasjon av jern i vannet, eller hvis jern eller assosierte tungmetaller er av stor betydning, bør det også analyseres en prøve med ufiltrert vann ettersom jernutfelling (med samtidig utfelling av tungmetall) kan forekomme i filteret. Her er det eneste tilfelle hvor man KAN surgjøre en ufiltrert prøve (prøven merkes U - ufiltrert).

Prøver for anionanalyser bør også filtreres (men dette er mindre kritisk enn for ICP-analyser).

Filtere er forbruksvarer. Det er akseptabel praksis å benytte ett filter for filterting av alle prøver fra et prøvetakingspunkt (dvs. IC-, ICP-AES/ICP-MS- og ammoniumprøver). Et nytt filter skal alltid benyttes for hvert nytt prøvetakingspunkt eller prøvetakingsdyp.

3.5 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

Det brukes HNO_3 til konservering av ICP-AES/ICP-MS prøven etter innlevering på laboratoriet. pH-verdien bør senkes til <2 og som tommelfingerregel tilsettes 5 dråper syre til 50 ml vannprøve. Surgjøringen hindrer utfelling eller adsorpsjon av metall på flaskeveggene.

Ufiltrerte prøver skal ikke surgjøres ettersom syren vil oppløse alle partiklene som er til stede.

Vær obs på at det ikke er lov å transportere konsentrert syre med fly i Norge. Det er derfor akseptabel praksis å tilsette syren til de filtrerte prøvene etter innlevering på laboratoriet. Prøven må imidlertid stå i minst 24 timer før analyse, slik at evt. utfelte / adsorberte metaller blir tatt opp i løsning på nytt.

Prøven til ammoniumanalyse, prøve (v), må konserveres med 40 μl konsentrert svovelsyre så snart som mulig etter prøvetaking. Syren doseres med hjelp av en pipette med engangs pipettespiss.

3.6 ICP-MS Analyse

Prosedyren for prøvetaking for ICP-MS analyser er i utgangspunktet den samme som for ICP-AES, men det stilles enda sterkere krav til renslighet. Det skal benyttes latex-hansker (uten pulver eller glidemiddel) under prøvetaking, og kvaliteten til syren som benyttes til konservering må kunne dokumenteres. Man skal alltid bruke ny syre for surgjøring av ICP-MS prøver.

4 Feltmålinger

Det stilles samme krav til feltmålinger som til "ferskt grunnvann", omtalt i seksjon 2.1. Før man tar en endelig avlesning, bør vannet ha en stabil temperatur, tilsvarende akviferens.

Elektrisk ledningsevne og pH bør også være stabile, selv om dette ikke vil være mulig i noen tilfeller hvor man har store naturlige variasjoner i grunnvannsmagasinet.

4.1 Temperatur

Temperatur skal måles i felt. Dette gjøres enten ved termometer eller termofølsom elektrode (installert på de fleste ledningsevne-målere).

4.2 pH

Under transport og lagring kan CO₂ avgasses. Dette kan medføre endringer i både pH og alkalitet, særlig i prøver med lavt ioneinnhold. Derfor bør pH og alkalitet måles i felt.

pH måles vanligvis med elektronisk pH-meter som må kalibreres i felt. Man bruker vanligvis to løsninger, enten pH= 4 og pH= 7 for sure vannprøver, eller pH= 7 og pH = 10 for alkaliske vannprøver. Husk at pH på bufferløsningen varierer med temperaturen. De fleste moderne pH-metre tar automatisk hensyn til dette under kalibreringen. Bufferløsningene skal lages ferskt av laboratoriet før hver feltreise (eller tas fra en ferdig-laget "batch" fra laboratoriet), eller man kan bruke tabletter som løses opp i destillert/avionisert vann i felt.

Kalibreringen bør kontrolleres før hver ny måling. Som minstekrav, bør kalibrering mot bufferløsninger finne sted i begynnelsen av hver feltdag, ved lunsjtid og ved slutten av dagen.

Ved rapportering av pH-målinger, oppgi alltid vanntemperatur.

pH- og temperatur-elektrodenes skylles med destillert/avionisert vann mellom hver ny prøve eller løsning. Ikke mål pH i vannprøvene som skal brukes til senere laboratorieanalyse da spor av konserverings- eller elektrodevæske kan forurense prøven.

pH/temperatur/Eh-målinger bør fortrinnsvis foregå i strømmende vann. Det er lurt å ta med en egen flaske hvor man foretar pH/Eh/temperatur-målinger; vann fra kranen eller pumpeslangen renner ned i flasken slik at en gjennomstrømning av vann finner sted. Ved måling i kilder, kan målingen foregå direkte i vannet.

4.3 Alkalitet

Alkalitet måles i felt ved hjelp av en titrering med syre. Alkaliteten defineres som den mengden syre (i meq/l) som må tilsettes for å senke pH til en bestemt verdi. Aquamerck 11109 testkit for alkalitet, tillater måling av to typer alkalitet:

- p-alkalitet ved titrering til pH = 8.2 (fenolphthalein indikator). Dette er et grovt mål på karbonationer i løsningen (CO₃²⁻).
- t-alkalitet - titrering til pH = 4.3 (blandet indikator - metylgul-basert). Dette er et grovt mål på bikarbonat pluss karbonat (HCO₃⁻ + CO₃⁻).

Titreringsutstyret har en oppgitt nøyaktighet på ± 0,1 mekv/l.

Det er vanlig praksis å ta tre duplikatmålinger av alkalitet på vannprøven. Disse bør ligge innen 0,2 mekv/l av hverandre. Gjennomsnittet av målingene benyttes.

Dersom man måler alkalitet på meget ionefattig vann, kan man bruke en fortdynnet syreløsning. Syren, som leveres av Aquamerck, har en styrke på 0,1 ekv/l ($100 \text{ mekv/l} = 0,1 \text{ N}$). Laboratoriet kan forberede en løsning $0,02 \text{ eq/l}$ ($20 \text{ meq/l} = 20 \text{ N}$) saltsyre (HCl). Om man bruker fortdynnet syre, ganger man den avleste målingen med en faktor på 5.

4.4 Ledningsevne

Ledningsevne måles på samme måte som pH, men det stilles ikke samme krav til feltkalibrering av utstyret. Det stilles også lignende krav til vedlikehold av ledningsevneelektroden. Kontroll av kalibrering foretas av NGUs laboratorium før hver prøvetakingsrunde.

4.5 Oksygenmetning

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.

Oksygenmetningen måles vanligvis i mg/l med elektronisk O_2 -meter som må kalibreres før hver måling. 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 oksygenmetningen i vann fra brønner er det viktig å avpasse pumperaten slik at det ikke trekkes luft gjennom pumpa eller brønnfilteret.

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

5 Transport og lagring av prøver

Vannprøvene bør beholdes kjølig i felt. 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)

Men prøvene bør ikke fryse. 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.

6 Ved ankomst på laboratoriet


Ved ankomst på laboratoriet skal prøvene registreres på standard skjema og få et unikt nummer og umiddelbart lagres på et kjølerom. Prøvene for metall-/kationanalyser (ICP-AES/ICP-MS) konserveres med syre.

Fysiske parametere

(data hentet fra Analysesenteret: <https://www.trondheim.kommune.no/moleusikkerhet/>)


Parameter	Referanse-standard	Måleområde	Måleusikkerhet
Partiell og total alkalitet	Intern metode basert på NS-ISO 9963-1	0.02-20	+/- 10%
pH	NS-EN ISO 10523:2012	2-12	+/- 0.4
Elektrisk ledningsevne	NS ISO 7888	0.1 - 19990	+/- 2%
Fargetall	NS-EN 7887, 2011	1-100	+/- 10%
Turbiditet	NS-EN ISO 7027	0.1-4000	<1 +/- 60% >1 +/- 20%

Anioner



7491 TRONDHEIM
Tlf: 73 90 40 00
Telefaks: 73 92 16 20

IC-analyse av anioner
VANN
Analysekontrakt nr. 2014.0121



INSTRUMENT: Dionex Ionkromatograf ICS-1100
METODE: Metodeoppsettet er beskrevet i NGU-SD 3.4: IC-analyse av anioner


NEDRE BESTEMMELSESGRENSER (LLQ) OG ANALYSEUSIKKERHETER (1 mg/l = 1 ppm):

	F ⁻	Cl ⁻	NO ₂ ^{-*}	Br ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻
LLQ, mg/l:	0.05	0.1	0.1	0.1	0.25	0.4	0.2
INFO: laveste måleområde, mg/l	0.05 – 1.0	0.10 – 1.0	0.10 – 1.0	0.10 – 1.0	0.25 – 2.5	0.40 – 4.0	0.20 – 2.0
Usikkerhet (laveste måleområdet)	20 %	20 %	20 %	20 %	20 %	20 %	20 %
INFO: høyeste måleområde, mg/l	1.0 - 2.0	1.0 - 8.0	1.0 - 8.0	1.0 - 8.0	2.5 - 20	4.0 - 20	2.0 - 20
Usikkerhet (høyeste måleområde)	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %

Oppgitte usikkerheter har dekningsfaktor 2 (2 standardavvik), noe som tilsvarer et konfidensintervall på 95 %
*) NGU-lab er ikke akkreditert for NO₂⁻


PREISJON: Det analyseres rutinemessig kontrollprøver som føres i kontrolldiagram (X-diagram). Disse kan forevises om ønskelig.

Kationer og metaller (ICP-AES)



7491 TRONDHEIM
Tlf: 73 90 40 00
Telefaks: 73 92 16 20

ICP-AES ANALYSER
VANN
ANALYSEKONTRAKTNR. 2014.0121



INSTRUMENT: ICP-AES type Perkin Elmer Optima 4300 Dual View
METODE: Metodeoppsettet er beskrevet i NGU-SD 3.1: ICP-AES -analyse av vann

NEDRE BESTEMMELSESGRENSER (LLQ) OG HØYESTE MÅLEOMRÅDE VED VANNANALYSE R
(For vannprøver som fortynnes blir deteksjonsgrensene automatisk omregnet) (1 mg/l = 1 ppm)

	Si	Al	Fe	Ti	Mg	Ca	Na	K	Mn	P	Cu	Zn	Pb	Ni	Co	V
LLQ	0.02	0.02	0.002	0.001	0.05	0.02	0.05	0.5	0.001	0.05	0.005	0.002	0.005	0.005	0.001	0.005
Høyeste målegrense	5	50	50	5	100	100	250	20	5	10	5	5	5	5	5	5

	Mo	Cd	Cr	Ba	Sr	Zr	Ag	B	Be	Li	Sc	Ce	La	Y	As	Sb	(Se)	(Sn)
LLQ	0.005	0.0005	0.002	0.002	0.001	0.002	0.005	0.02	0.001	0.005	0.001	0.02	0.005	0.001	0.01	0.005	0.01	0.01
Høyeste målegrense	5	10	50	5	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	20	5	10	10

ANALYSEUSIKKERHET:
i) Nedre måleområde (LLQ - 5*LLQ):
= 50 rel. %: As, Sb (Se, Sn) = 37.5 rel. %: K, Pb
= 25 rel. %: Ag, Al, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, La, Li, Mg, Mo, Mn, Na, Ni, P, Si, Sc, Sr, Ti, V, Y, Zn, Zr
ii) Øvre måleområde (> 5*LLQ):
= 20 rel. %: As, Sb (Se, Sn) = 15 rel. %: K, Pb
= 10 rel. %: Ag, Al, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, La, Li, Mg, Mo, Mn, Na, Ni, P, Si, Sc, Sr, Ti, V, Y, Zn, Zr
Oppgitte usikkerheter har dekningsfaktor 2 (2 standardavvik), noe som tilsvarer et konfidensintervall på 95 %
NB! I området LLQ - 2*LLQ kan usikkerheten overstige gitt verdi.
NB! Analyse for Se og Sn leveres kun på forespørsel.

PREISJON: Det analyseres rutinemessig kontrollprøver som føres i kontrolldiagram (X-diagram). Disse kan forevises om ønskelig.

Metaller og sporstoffer med svært lave deteksjonsgrenser (ICP-MS)



7491 TRONDHEIM
Tlf: 73 90 40 00
Telefaks: 73 92 16 20

ICP-MS ANALYSER
VANN
ANALYSEKONTRAKTNR. 2014.0121



INSTRUMENT : Thermo Fischer Scientific "ELEMENT XR"

METODE: Metodeoppsettet er beskrevet i NGU-SD 3.11: ICP-MS -analyse av vann

NEDRE BESTEMMELSESGRENSER VED VANNANALYSER (LLQ)

(For vannprøver som tyngnes blir deteksjonsgrensene automatisk omregnet)

Al*	As*	B*	Be*	Cd*	Ce*	Co*	Cr*	La*	Mo*	Ni*	Pb*	Rb*	Sb*	Se*
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
2	0.05	5	0.01	0.03	0.01	0.02	0.1	0.01	0.2	0.2	0.05	0.05	0.01	1

Cs	Cu	K	Li	Th	U	V	Zn
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
0.002	0.1	25	0.5	0.02	0.005	0.02	0.2

*) Akkreditering omfatter kun elementene Al, As, B, Be, Cd, Ce, Co, Cr, La, Mo, Ni, Pb, Rb, Sb, Se (1 µg/l = 1 ppb)

ANALYSEUSIKKERHET: i) Nedre måleområde (LLQ-5*LLQ): ± 50 rel. %: B, Cd, Se ± 37.5 rel. %: Al, As, Be, Ce, Co, Cr, La, Mo, Ni, Pb, Rb, Sb
ii) Øvre måleområde (> 5*LLQ): ± 20 rel. %: B, Cd, Se ± 15 rel. %: Al, As, Be, Ce, Co, Cr, La, Mo, Ni, Pb, Rb, Sb

Oppgitte usikkerheter har dekningsfaktor 2 (2 standard avvik), noe som tilsvarer et konfidensintervall på 95 %.

PRE SISJON: Det analyseres rutinemessig kontrollprøver, som føres i kontrolldiagram (X-d iagram). Disse kan forevises om ønskelig.

Analyseresultater av grunnvannsprøver fra overvåkingsbrønner i Kongsberg sentrum

		Terskel- verdi	Vendepunks- verdi	Brønn Nymoens torg	Brønn Skateparken			
ØV	32V			536443	536367			
NS	32V			6614901	6614796			
Prøvetakingsdato				21.10.2017	21.10.2017	21.06.2018	21.04.2018	22.05.2019
Fysikalske parameter målt i felt								
Elektrisk ledningsevne	µS/cm			460	327	443	449	321
pH	pH			6,8	6,3	6,1	6,14	6,15
Total Alkalinitet	mmol/l			1,6	2,8			2,3
Løst oksygen (DO)	mg/l			3,48		4,63	5,93	6,24
Fysikalske parameter målt i lab.								
pH				6,8	6,2	6,3	6,2	6,2
total Alkalitet	mmol/l			1,7	2	2,7	2,37	1,5
Elektrisk ledningsevne	mS/m			44,5	25,7	40,6	43,3	29
Farge				54	416	918	510	613
Turbiditet	FNU			3	5,4	9,9	11	2,9
Total organisk karbon	mg C/L							
Ammonium								
NH4-N	µg/l	500	400	16	8820	9600	11000	10000
Anioner								
Fluorid_F	mg/l			0,128	<0.025	0,072	<0.200	0,062
Klorid_Cl	mg/l	200	150	63,7	9,64	14	10,8	14
Nitritt_NO2	mg/l					<0.001	<0.001	<0.0010
Bromid_Br	mg/l					<0.50	<0.50	<0.50
Nitrat_NO3	mg NO3/l	50	37,5	8,9		<0.10	<0.10	<0.10
Fosfat_PO4	mg PO4/l			0,227	0,042	0,040	0,052	0,009
Sulfat_SO4	mg/l	100	75	40,2	2,96	2	5	<0.50

Vedlegg 3, side 2 av 13

Analyseresultater av grunnvannsprøver fra overvåkingsbrønner i Kongsberg sentrum

		Terskel - verdi	Vendep -verdi	Brønn Gangbrua				Brønn Gamle kro			
ØV	32V			536336				536424			
NS	32V			6614558				6614490			
Prøvetakingsdato				20.10.2017	20.06.2018	21.04.2018	22.05.2019	20.10.2017	21.06.2018	21.04.2018	22.05.2019
Fysikalske parameter målt i felt											
Elektrisk ledningsevne	µS/cm			488	365	740	597	114,3	105,6	122	105,3
pH	pH			6,1	7,8	6,46	6,45	6,2	6,4	6,35	6,42
Total Alkalinitet	mmol/l			1,1		0,77	0,68	0,5		0,49	0,32
Løst oksygen (DO)	mg/l			4,60	2,8	10,1	1,21	9,90	10,51	10,72	8,84
Fysikalske parameter målt i lab.											
pH				6,7	6,8	6,7	6,6	6,6	6,7	6,7	6,7
total Alkalitet	mmol/l			1	0,88	0,86	0,72	0,52	0,42	0,41	0,43
Elektrisk ledningsevne	mS/m			44,3	44,3	73,4	58,1	10,7	10,4	12	6,9
Farge				7	28	7	8	13	12	14	14
Turbiditet	FNU			1,9	7,17	0,55	0,52	0,78	0,76	0,15	0,23
Total organisk karbon	mg C/L										
Ammonium											
NH4-N	µg/l	500	400	<10	8	<3	<3	<10	22	4	12
Anioner											
Fluorid_F	mg/l			0,217	0,29	<0.200	0,17	0,116	0,12	<0.200	0,11
Klorid_Cl	mg/l	200	150	91	77	177	130	3,93	4	6,56	4,2
Nitritt_NO2	mg/l				<0.001	0,0054	0,0085		0,007	0,0045	0,0024
Bromid_Br	mg/l				<0.50	<0.50	<0.50		<0.50	<0.50	<0.50
Nitrat_NO3	mg NO3/l	50	37,5	2,3	1,8	1,7	2,6	12,4	14,0	11,0	14,0
Fosfat_PO4	mg PO4/l			0,045	0,052	0,040	0,004	0,837	0,951	0,766	0,290
Sulfat_SO4	mg/l	100	75	12,1	7	14	16	7,35	10	10	9,5

Vedlegg 3, side 3 av 13
 Analyseresultater av grunnvannsprøver fra overvåkingsbrønner i Kongsberg sentrum

		Terskel- verdi	Vendepunkts- verdi	Brønn Krona	Brønn Svømmehall						
ØV	32V			536290	536175						
NS	32V			6614457	6614986						
Prøvetakingsdato				20.10.2017	20.06.2018	21.04.2018	22.05.2019	21.10.2017	21.06.2018	21.04.2018	22.05.2019
Fysikalske parameter målt i felt											
Elektrisk ledningsevne	µS/cm			120,2	144,5	111,7	190,5	160,5	166,2	166,9	167,6
pH	pH			5,8	5,49	5,55	5,5	6,2	6,1	6,05	6,19
Total Alkalinitet	mmol/l			0,3		0,38	0,16	0,6		0,62	0,54
Løst oksygen (DO)	mg/l			0,94	8,72	1,1	8,01	1,18	1,93	1,54	2,45
Fysikalske parameter målt i lab.											
pH				6	5,7	5,9	5,9	6,3	6,3	6,4	6,4
total Alkalitet	mmol/l			0,46	0,16	0,26	<0.30	0,58	0,62	0,98	0,54
Elektrisk ledningsevne	mS/m			11,6	14,6	11,1	19,2	14,7	17	<0.100	16,3
Farge				56	39	58	38	2	2	3	4
Turbiditet	FNU			4	0,43	0,25	0,08	2	0,99	0,1	1,2
Ammonium											
NH4-N	µg/l	500	400	160	17	16	5	<10	13	4	10
Anioner											
Fluorid_F	mg/l			<0.025	0,055	<0.200	0,057	<0.025	0,051	<0.200	0,064
Klorid_Cl	mg/l	200	150	2,4	6	4,84	8,8	10,8	11	11,2	11
Nitritt_NO2	mg/l				0,003	0,0029	0,0023		0,003	0,003	0,0055
Bromid_Br	mg/l				<0.50	<0.50	<0.50		<0.50	<0.50	<0.50
Nitrat_NO3	mg NO3/l	50	37,5	15,1	30,0	0,3	43,0	7,9	8,3	8,4	8,2
Fosfat_PO4	mg PO4/l			0,034	0,074	0,058	0,012	0,013	0,009	0,018	0,003
Sulfat_SO4	mg/l	100	75	11,6	19	20	19	18	22	20	21

Analyseresultater av grunnvannsprøver fra overvåkingsbrønner i Kongsberg sentrum

		Brønn Nymoens torg		Brønn Skateparken		
		21.10.2017	21.10.2017	21.06.2018	21.04.2018	22.05.2019
Totale hydrokarboner						
THC >C5-C8	µg/l	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
THC >C6-C8	µg/l			<5.0	<5.0	<5.0
THC >C8-C10	µg/l	<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
THC >C12-16	µg/l	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
THC >C16-35	µg/l	<20	<20	<30.0	<30.0	<30.0
THC >C35-40	µg/l			<10.0	<10.0	<10.0
SUM THC	(>C5-C40)	nd	nd	n.d.	n.d.	n.d.

		Brønn Gangbrua				Brønn Gamle kro			
		20.10.2017	20.06.2018	21.04.2018	22.05.2019	20.10.2017	21.06.2018	21.04.2018	22.05.2019
Totale hydrokarboner									
THC >C5-C8	µg/l	<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	<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
THC >C10-C12	µg/l	<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
THC >C16-35	µg/l	<20	<30.0	<30.0	<30.0	<20	<30.0	<30.0	<30.0
THC >C35-40	µg/l		<10.0	<10.0	<10.0		<10.0	<10.0	<10.0
SUM THC	(>C5-C40)	nd	n.d.	n.d.	n.d.	nd	n.d.	n.d.	n.d.

Vedlegg 3, side 5 av 13

Analyseresultater av grunnvannsprøver fra overvåkingsbrønner i Kongsberg sentrum

	Brønn Krona				Brønn Svømmehall			
	20.10.2017	20.06.2018	21.04.2018	22.05.2019	21.10.2017	21.06.2018	21.04.2018	22.05.2019
Totale hydrokarboner								
THC >C5-C8 μg/l	<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	<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
THC >C10- C12 μg/l	<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
THC >C16-35 μg/l	<20	<30.0	<30.0	<30.0	<20	<30.0	<30.0	<30.0
THC >C35-40 μg/l		<10.0	<10.0	<10.0		<10.0	<10.0	<10.0
SUM THC (>C5-C40)	nd	n.d.	n.d.	n.d.	nd	n.d.	n.d.	n.d.

Analyseresultater av grunnvannsprøver fra overvåkingsbrønner i Kongsberg sentrum

		Brønn				
		Brønn Nymoens torg	Brønn Skateparken			
PAH 16 EPA		21.10.2017	21.10.2017	21.06.2018	21.04.2018	22.05.2019
Naftalen	µg/l	<0.010	<0.010	0,1	<0.030	<0.030
Acenaftylen	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Acenaften	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Fluoren	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Fenantren	µg/l	<0.010	<0.010	<0.020	<0.020	<0.020
Antracen	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Fluoranten	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Pyren	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Benzo(a)antracen	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Krysen/Trifenylen	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Benzo(b)fluoranten	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Benzo(k)fluoranten	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Benzo(a)pyren	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
ikke påvisteno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	<0.0020	<0.0020	<0.010	<0.010	<0.010
Dibenzo(a,h)antracen	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Benzo(ghi)perylen	µg/l	<0.0020	<0.0020	<0.010	<0.010	<0.010
Sum PAH(16)	µg/l	ND	ND	0,1	n.d.	n.d.

Vedlegg 3, side 7 av 13

Analyseresultater av grunnvannsprøver fra overvåkingsbrønner i Kongsberg sentrum

		Brønn Gangbrua				Brønn Gamle kro			
		20.10.2017	20.06.2018	21.04.2018	22.05.2019	20.10.2017	21.06.2018	21.04.2018	22.05.2019
PAH 16 EPA									
Naftalen	µg/l	<0.010	<0.030	<0.020	<0.030	<0.010	<0.030	<0.030	<0.030
Acenaftylen	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Acenaften	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Fluoren	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Fenantren	µg/l	<0.010	<0.020	<0.020	<0.020	<0.010	<0.020	<0.020	<0.020
Antracen	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Fluoranten	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Pyren	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Benzo(a)antracen	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Krysen/Trifenylene	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Benzo(b)fluoranten	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Benzo(k)fluoranten	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Benzo(a)pyren	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
likke påvisteno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	<0.0020	<0.010	<0.010	<0.010	<0.0020	<0.010	<0.010	<0.010
Dibenzo(a,h)antracen	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Benzo(ghi)perylene	µg/l	<0.0020	<0.010	<0.010	<0.010	<0.0020	<0.010	<0.010	<0.010
Sum PAH(16)	µg/l	ND	n.d.	n.d.	n.d.	ND	n.d.	n.d.	n.d.

Vedlegg 3, side 8 av 13

Analyseresultater av grunnvannsprøver fra overvåkingsbrønner i Kongsberg sentrum

		Brønn Krona				Brønn Svømmehall			
PAH 16 EPA		20.10.2017	20.06.2018	21.04.2018	22.05.2019	21.10.2017	21.06.2018	21.04.2018	22.05.2019
Naftalen	µg/l	<0.010	<0.030	<0.030	<0.030	<0.010	<0.030	<0.030	<0.030
Acenaftylen	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Acenaften	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Fluoren	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Fenantren	µg/l	<0.010	<0.020	<0.020	<0.020	<0.010	<0.020	<0.020	<0.020
Antracen	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Fluoranten	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Pyren	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Benzo(a)antracen	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Krysen/Trifenylen	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Benzo(b)fluoranten	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Benzo(k)fluoranten	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Benzo(a)pyren	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
likke påvisteno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	<0.0020	<0.010	<0.010	<0.010	<0.0020	<0.010	<0.010	<0.010
Dibenzo(a,h)antracen	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Benzo(ghi)perylene	µg/l	<0.0020	<0.010	<0.010	<0.010	<0.0020	<0.010	<0.010	<0.010
Sum PAH(16)	µg/l	ND	n.d.	n.d.	n.d.	ND	n.d.	n.d.	n.d.

Analyseresultater av grunnvannsprøver fra overvåkingsbrønner i Kongsberg sentrum

		Brønn				
		Nymoens torg	Brønn Skateparken			
		21.10.2017	21.10.2017	21.06.2018	21.04.2018	22.05.2019
PCB						
PCB 28	µg/l	<0.010	<0.010			
PCB 52	µg/l	<0.010	<0.010			
PCB 101	µg/l	<0.010	<0.010			
PCB 118	µg/l	<0.010	<0.010			
PCB 138	µg/l	<0.010	<0.010			
PCB 153	µg/l	<0.010	<0.010			
PCB 180	µg/l	<0.010	<0.010			
Sum 7 PCB	µg/l	ND	ND			
BTEX						
Benzen	µg/l	<0.10	<0.10	<0.20	0,077	0,45
Toulen	µg/l	<0.10	<0.10	1,56	1,1	3,8
Etylbenzen	µg/l	<0.10	<0.10	0,19	0,036	0,17
m,p-Xylen	µg/l	<0.20	<0.20	0,52		
o-Xylen	µg/l	<0.10	<0.10	0,26	0,099	
BTEX(sum)	µg/l	ND	ND	2,53	1,3	5
Flyktige organiske komponenter (VOC 9)						
Diklormetan	µg/l	< 0.10	< 0.10	<2.0	<2.0	<2.0
Triklormetan (kloroform)	µg/l	< 0.10	< 0.10	<0.30	<0.30	<0.30
1,1,1-Trikloreten	µg/l	< 0.10	< 0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Tetrakloreten	µg/l	< 0.10	< 0.10			
1,2-Dikloreten	µg/l	< 0.10	< 0.10	<0.50	<0.50	<0.50
Trikloreten	µg/l	0,29	< 0.10	<0.10	<0.10	<0.10
1,1,2-Trikloreten	µg/l	< 0.10	< 0.10	<0.20	<0.20	<0.20
Tetrakloreten (PER)	µg/l	35	< 0.10	<0.20	<0.20	<0.20
1,2-Dibrometan	µg/l	< 0.10	< 0.10			
Tetraklormetan	µg/l			<0.10	<0.10	<0.10
1,1-Dikloreten	µg/l			<0.10	<0.10	<0.10
cis-1,2-Dikloreten	µg/l			<0.10	<0.10	<0.10
trans-1,2-Dikloreten	µg/l			<0.10	<0.10	<0.10
1,2-Diklorpropan	µg/l			<1.0	<1.0	<1.0
Vinylklorid	µg/l			<1.0	<1.0	<1.0

Vedlegg 3, side 10 av 13
 Analyseresultater av grunnvannsprøver fra overvåkingsbrønner i Kongsberg sentrum

		Brønn Gangbrua				Brønn Gamle kro			
		20.10.2017	20.06.2018	21.04.2018	22.05.2019	20.10.2017	21.06.2018	21.04.2018	22.05.2019
PCB									
PCB 28	µg/l	<0.010				<0.010			
PCB 52	µg/l	<0.010				<0.010			
PCB 101	µg/l	<0.010				<0.010			
PCB 118	µg/l	<0.010				<0.010			
PCB 138	µg/l	<0.010				<0.010			
PCB 153	µg/l	<0.010				<0.010			
PCB 180	µg/l	<0.010				<0.010			
Sum 7 PCB	µg/l	ND				ND			
BTEX									
Benzen	µg/l	<0.10	<0.20	<0.020	0,044	<0.10	<0.20	0,046	0,3
Toulen	µg/l	<0.10	<1.00	0,16	0,32	<0.10	<1.00	0,85	2,7
Etylbenzen	µg/l	<0.10	<0.10	0,11	0,051	<0.10	<0.10	0,025	0,1
m,p-Xylen	µg/l	<0.20	<0.20			<0.20	<0.20		
o-Xylen	µg/l	<0.10	<0.10	0,31		<0.10	<0.10	0,092	
BTEX(sum)	µg/l	ND	n.d.	0,58	0,55	ND	n.d.	1	3,5
Flyktige organiske komponenter (VOC 9)									
Diklormetan	µg/l	< 0.10	<2.0	<2.0	<2.0	< 0.10	<2.0	<2.0	<2.0
Triklormetan (kloroform)	µg/l	< 0.10	<0.30	<0.30	<0.30	< 0.10	<0.30	<0.30	<0.30
1,1,1-Trikloretan	µg/l	< 0.10	<0.10	<0.10	<0.10	< 0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Tetrakloretan	µg/l	< 0.10				< 0.10			
1,2-Dikloretan	µg/l	< 0.10	<0.50	<0.50	<0.50	< 0.10	<0.50	<0.50	<0.50
Trikloreten	µg/l	< 0.10	<0.10	<0.10	<0.10	< 0.10	<0.10	<0.10	<0.10
1,1,2-Trikloretan	µg/l	< 0.10	<0.20	<0.20	<0.20	< 0.10	<0.20	<0.20	<0.20
Tetrakloretan (PER)	µg/l	< 0.10	<0.20	<0.20	<0.20	< 0.10	<0.20	<0.20	<0.20
1,2-Dibrometan	µg/l	< 0.10				< 0.10			
Tetraklormetan	µg/l		<0.10	<0.10	<0.10		<0.10	<0.10	<0.10
1,1-Dikloretan	µg/l		<0.10	<0.10	<0.10		<0.10	<0.10	<0.10
cis-1,2-Dikloretan	µg/l		<0.10	<0.10	<0.10		0,13	<0.10	<0.10
trans-1,2-Dikloretan	µg/l		<0.10	<0.10	<0.10		<0.10	<0.10	<0.10
1,2-Diklorpropan	µg/l		<1.0	<1.0	<1.0		<1.0	<1.0	<1.0
Vinylklorid	µg/l		<1.0	<1.0	<1.0		<1.0	<1.0	<1.0

Vedlegg 3, side 11 av 13

Analyseresultater av grunnvannsprøver fra overvåkingsbrønner i Kongsberg sentrum

		Terskelverdi	Vendepunktverdi	Brønn Nymoens torg		Brønn Skateparken		
Prøvetakingsdato				21.10.2017	21.10.2017	21.06.2018	21.04.2018	22.05.2019
Metaller								
Ag_sølv	mg/l			<5	<5			
Al_aluminium	µg/l			22,1	269	201	268	408
As_Arsen	µg/l	10	7,5	3,67	6,42	1,3	1,19	0,593
B_Bor	µg/l			29,8	20,4	14,8	18,2	11,4
Ba_Barium	µg/l			19,7	125	155	143	114
Be_Beryllium	µg/l			<0.01	0,073			
Bi_Vismut	µg/l					<0.01	<0.03	<0.03
Ca_Kalsium	mg/l			38,1	21,1	32,6	33	18,4
Cd_Kadmium	µg/l	5	3,75	<0.03	0,041	0,00567	<0.01	<0.01
Ce_Cerium	µg/l			0,823	34,8			
Co_Kobolt	µg/l			3,59	16,6	4,54	4,17	2,43
Cr_Krom	mg/l			0,12	1,93	1,41	2,34	1,68
Cs_Cesium	µg/l			0,0494	1,37	0,99	1,66	1,11
Cu_Kobber	µg/l			4,31	2,01	1,46	<0.5	0,957
Fe_Jern	µg/l			2,61	20,8	57,1	49,9	21,4
Hg_Kvikksølv	µg/l	0,5	0,4	< 0.005	< 0.005	<0.002	<0.002	<0.002
K_Kalium	mg/l			11,8	4,52	4,63	5,47	3,66
La_Lantan	µg/l			1,16	19,1			
Li_Litium	mg/L			<0.5	<0.5	0,081	0,341	0,172
Mg_Magnesium	µg/l			3,32	2,93	2,93	3,19	2,52
Mn_Mangan	µg/l			983	1670	1400	1430	754
Mo_Molybden	mg/l			5,53	0,91	<0.1	0,327	<0.3
Na_Natrium	µg/l			32,9	6,62	7,91	8,86	7,74
Ni_Nikkel	µg/l			6,28	6,76	5,53	2,83	5,01
P_Fosfor	mg/l			84	<50	5,67	14,7	13,6
Pb_Bly	µg/l	10	7,5	0,101	0,499	0,283	0,0842	0,155
Rb_Rubidium	µg/l			11,2	19			
Sb_Antimon	µg/l			0,861	0,157	0,0453	0,0774	<0.05
Sc_Scandium	µg/l			<0.001	<0.001			
Se_Selen	µg/l			<1	<1	<1	<3	<3
Si_Silisium	mg/l			4,14	5,67	4,82	4,47	6,72
Sr_Strontium	µg/l			75,9	84,1	113	110	79,1
Th_Thorium	mg/L			<0.02	0,418			
Ti_Titan	µg/l			<1	8,7	6,16	9,23	13
U_Uran	µg/l			0,0914	1,13	0,676	0,921	0,85
V_Vanadium	µg/l			0,832	6,62	4,56	7,42	8,62
Y_Yttrium	µg/l			<0.001	0,0108			
Zn_Sink	µg/l			23,3	43,8	29,1	1,89	17,8
Zr_Zirkonium	mg/l			<2	<2			

Vedlegg 3, side 12 av 13
 Analyseresultater av grunnvannsprøver fra overvåkingsbrønner i Kongsberg sentrum

Prøvetakingsdato	Terskel-verdi	Vendepunkts-verdi	Brønn Gangbrua				Brønn Gamle kro			
			20.10.2017	20.06.2018	21.04.2018	22.05.2019	20.10.2017	21.06.2018	21.04.2018	22.05.2019
Metaller										
Ag_sølv	mg/l		<5					<5		
Al_aluminium	µg/l		13	40,6	16,9	16	29,8	25,8	34,1	29,2
As_Arsen	µg/l	10	7,5	0,193	0,925	0,285	0,166	1,5	1,57	1,19
B_Bor	µg/l			12,3	<10	<10	<20	22,6	18,1	25
Ba_Barium	µg/l			23,2	14,5	37,4	22,6	7,3	8,4	8,92
Be_Beryllium	µg/l			0,014				0,024		
Bi_Vismut	µg/l				<0.005	<0.005	<0.005			<0.005
Ca_Kalsium	mg/l			19,8	10,2	28,2	18,1	13,2	12,5	15,7
Cd_Kadmium	µg/l	5	3,75	<0.03	0,0142	0,0264	0,017	<0.03	0,01	0,011
Ce_Cerium	µg/l			0,424				1,48		
Co_Kobolt	µg/l			0,439	1,4	0,921	0,495	0,443	0,119	0,157
Cr_Krom	mg/l			0,13	0,233	0,131	0,14	<0.1	0,0894	0,238
Cs_Cesium	µg/l			0,103	0,0851	0,132	0,115	0,0306	0,0399	0,0416
Cu_Kobber	µg/l			3,07	4,85	2,79	3,93	12,1	13,9	16,1
Fe_Jern	µg/l			0,0133	1,13	0,334	0,0632	0,014	0,0124	0,0203
Hg_Kvikksølv	µg/l	0,5	0,4	< 0.005	0,00236	<0.002	<0.002	0,02	0,0126	0,00552
K_Kalium	mg/l			4,93	3,15	5,74	4,4	3,27	3,39	3,29
La_Lantan	µg/l			2,81				2,54		
Li_Litium	mg/L			<0.5	0,0823	0,0519	0,105	<0.5	<4	0,177
Mg_Magnesium	µg/l			1,44	0,616	1,75	1,13	1,16	1,17	1,18
Mn_Mangan	µg/l			63,1	373	68,9	18,4	29,5	7,6	11,8
Mo_Molybden	mg/l			1,94	3,03	1,13	1,69	1,52	3,67	1,65
Na_Natrium	µg/l			58,5	62,3	111	95,4	3,55	2,81	3,9
Ni_Nikkel	µg/l			0,7	0,986	0,633	0,591	1,19	1,03	1,13
P_Fosfor	mg/l			<50	30,4	15,2	4,72	254	339	311
Pb_Bly	µg/l	10	7,5	<0.05	0,0402	0,0231	0,0165	<0.05	0,0471	0,047
Rb_Rubidium	µg/l			8,28				8,78		
Sb_Antimon	µg/l			0,506	0,826	0,457	0,412	0,877	1,1	0,901
Sc_Scandium	µg/l			<0.001				<0.001		
Se_Selen	µg/l			<1	<0.5	<0.5	<0.5	<1	<0.5	<0.5
Si_Silisium	mg/l			3,36	3,57	3,55	3,36	5,18	4,94	5,8
Sr_Strontium	µg/l			59,6	33,7	94,4	63,9	27,6	28,7	35,9
Th_Thorium	mg/L			<0.02				0,028		
Ti_Titan	µg/l			<1	1,16	0,166	0,0964	<1	0,212	0,373
U_Uran	µg/l			0,28	0,408	0,19	0,184	0,115	0,0649	0,078
V_Vanadium	µg/l			0,226	0,605	0,289	0,206	1,36	1,44	1,32
Y_Yttrium	µg/l			0,0021				0,0016		
Zn_Sink	µg/l			<1	0,761	1,43	0,77	7,5	8,06	8,56
Zr_Zirkonium	mg/l			<2						

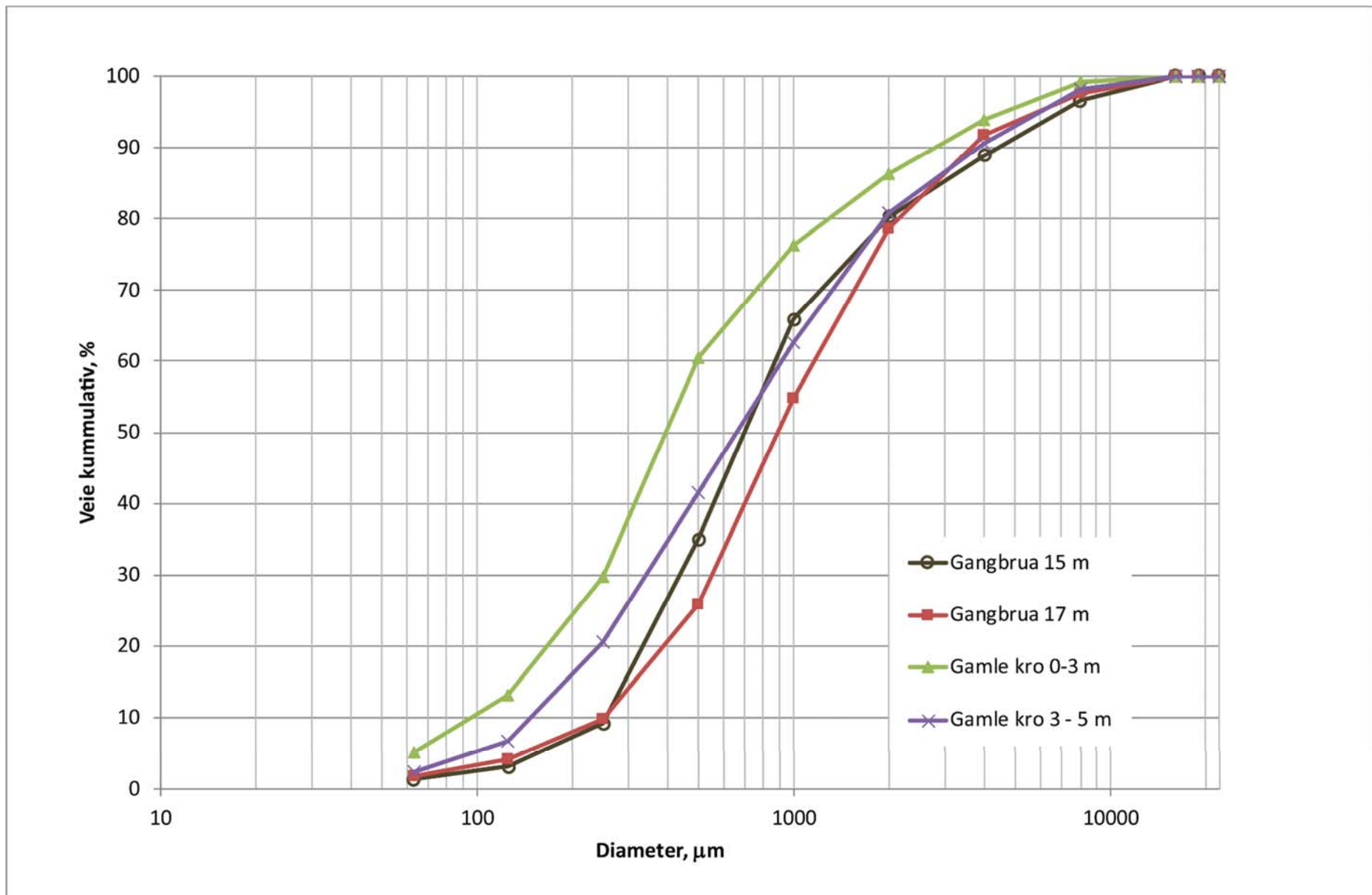
Vedlegg 3, side 13 av 13
 Analyseresultater av grunnvannsprøver fra overvåkingsbrønner i Kongsberg sentrum

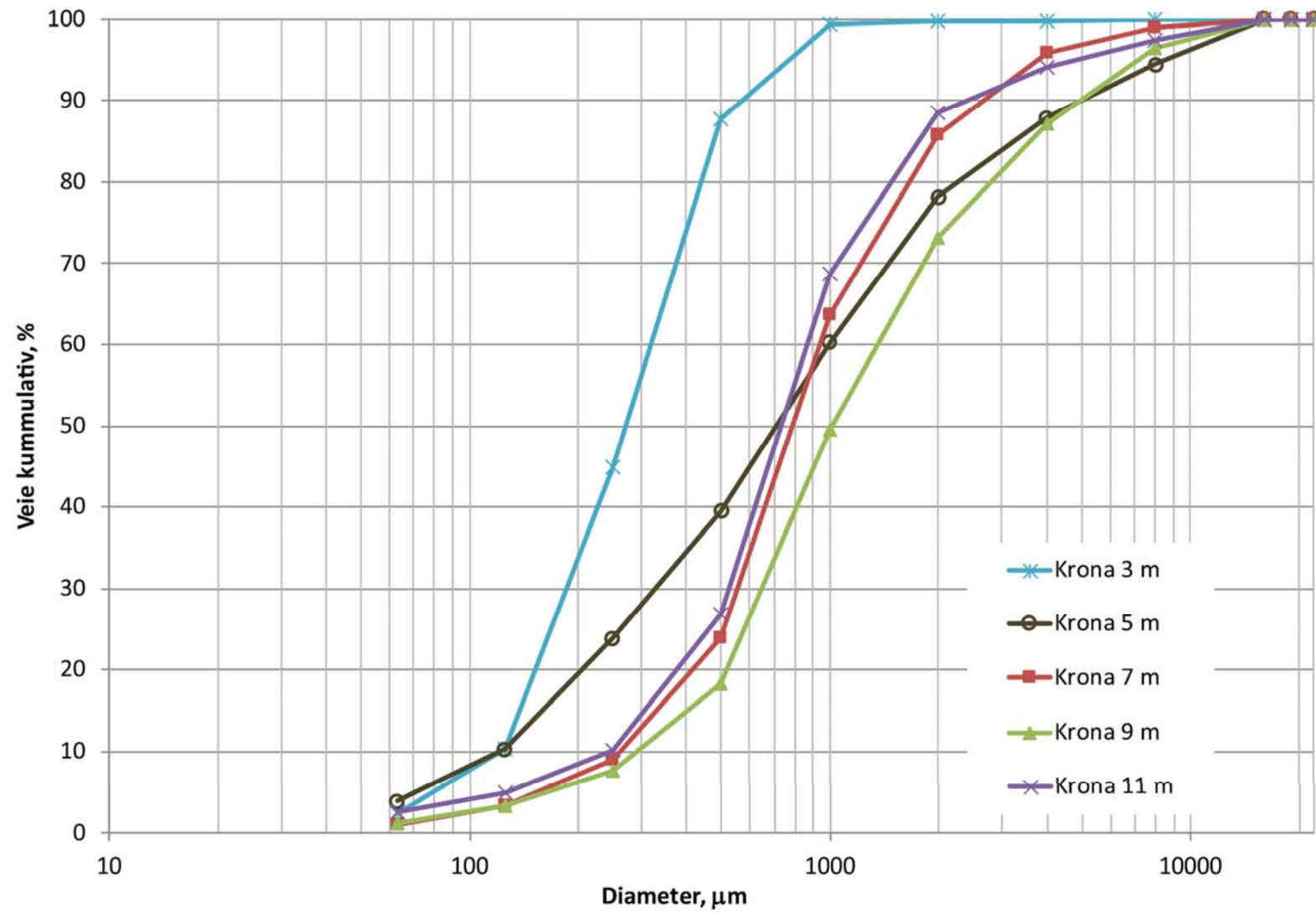
		Terskelverdi	Vendepunktverdi	Brønn Krona				Brønn Svømmehall			
Prøvetakingsdato				20.10.2017	20.06.2018	21.04.2018	22.05.2019	21.10.2017	21.06.2018	21.04.2018	22.05.2019
Metaller											
Ag_sølv	mg/l			<5				<5			
Al_aluminium	µg/l			274	382	360	368	6,3	8,24	5,81	6,17
As_Arsen	µg/l	10	7,5	4,37	0,509	0,641	0,566	0,124	0,139	0,134	0,0853
B_Bor	µg/l			14,9	16,6	16,1	16,3	16,8	16,8	16,7	15,1
Ba_Barium	µg/l			31,7	17,9	11,9	18,2	37,7	41	38,4	39,4
Be_Beryllium	µg/l			0,045				0,018			
Bi_Vismut	µg/l					0,00647	<0.005		<0.005	<0.005	<0.005
Ca_Kalsium	mg/l			14,2	19,9	15,6	25,9	16,8	18,9	18,6	18,9
Cd_Kadmium	µg/l	5	3,75	0,047	0,0793	0,0545	0,0691	<0.03	0,0368	0,0194	0,0271
Ce_Cerium	µg/l			8,84				1,5			
Co_Kobolt	µg/l			0,413	0,646	0,55	0,792	0,065	0,0995	0,0911	0,0808
Cr_Krom	mg/l			0,81	0,886	1,09	0,82	<0.1	0,0408	0,0825	0,0308
Cs_Cesium	µg/l			0,217	0,522	0,0587	0,0443	0,0614	0,0635	0,0601	0,0655
Cu_Kobber	µg/l			8,19	13	18,7	10,6	1,45	1,93	1,52	2,01
Fe_Jern	µg/l			0,101	0,0496	0,0888	0,0481	0,0032	0,00889	0,00287	0,003
Hg_Kvikksølv	µg/l	0,5	0,4	< 0.005	0,00402	<0.002	0,00334	< 0.005	<0.002	<0.002	<0.002
K_Kalium	mg/l			3,83	1,12	1,53	1,29	3,47	3,66	3,48	3,59
La_Lantan	µg/l			3,84				13,3			
Li_Litium	mg/L			<0.5	0,392	0,186	0,325	<0.5	0,218	0,109	0,14
Mg_Magnesium	µg/l			1,62	0,996	1,05	1,39	2,26	2,32	2,1	2,1
Mn_Mangan	µg/l			137	77,4	127	107	82,4	155	126	139
Mo_Molybden	mg/l			5,73	0,709	2,27	1,03	<0.2	0,118	0,189	0,249
Na_Natrium	µg/l			2,45	3,93	3,23	4,34	6,38	6,81	6,98	6,83
Ni_Nikkel	µg/l			1,72	3,34	1,37	1,75	0,37	0,699	0,317	0,588
P_Fosfor	mg/l			<50	42,7	22,3	25,9	<50	1,81	2,21	1,6
Pb_Bly	µg/l	10	7,5	0,166	0,483	0,22	0,194	<0.05	0,0214	<0.01	<0.01
Rb_Rubidium	µg/l			5,57				7,47			
Sb_Antimon	µg/l			0,669	0,591	0,807	0,417	0,177	0,2	0,229	0,186
Sc_Scandium	µg/l			<0.001				<0.001			
Se_Selen	µg/l			<1	<0.5	<0.5	<0.5	<1	<0.5	<0.5	<0.5
Si_Silisium	mg/l			5,58	7,95	7,37	8,46	4,41	4,29	4,11	4,29
Sr_Strontium	µg/l			40,6	61	50,3	82,1	53,5	62	58,2	59,8
Th_Thorium	mg/L			0,165				<0.02			
Ti_Titan	µg/l			3	2,48	3,2	2,14	<1	<0.001	0,021	<0.001
U_Uran	µg/l			0,266	0,129	0,274	0,153	0,106	0,108	0,0936	0,11
V_Vanadium	µg/l			35,7	8,26	15,2	9,03	0,167	0,179	0,181	0,178
Y_Yttrium	µg/l			0,0025				0,007			
Zn_Sink	µg/l			8,7	47,2	21,9	49,4	3,1	4,8	1,25	2,33
Zr_Zirkonium	mg/l			<2				<2			

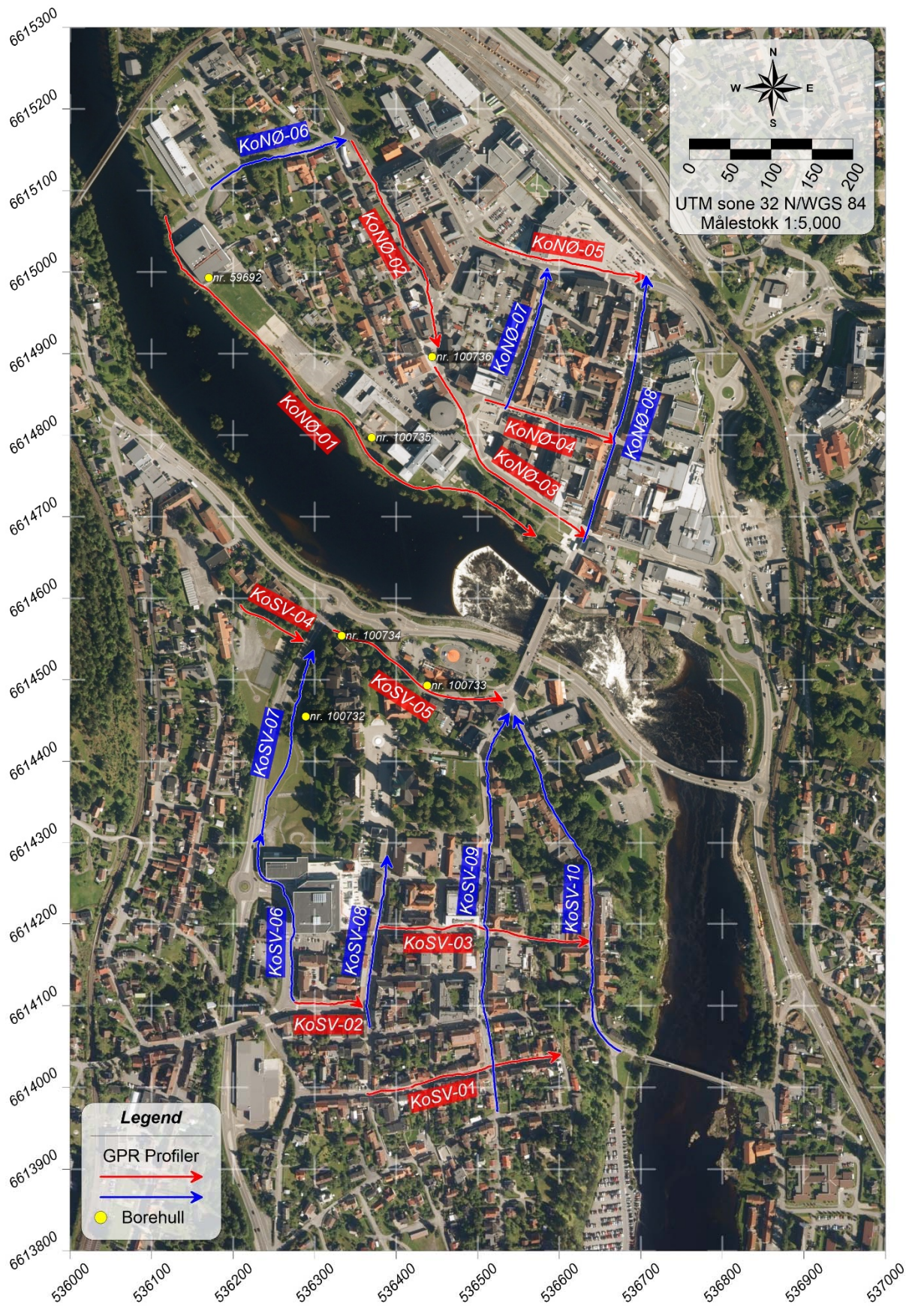
VEIE KUMMULATIV (%)

* Uten fraksjon over 22 mm

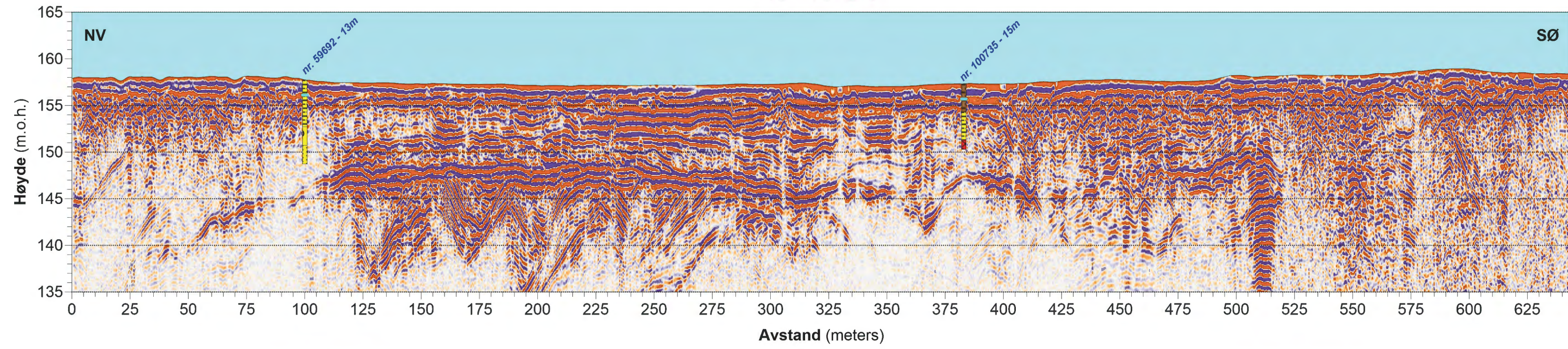
Lpnr.	NGU-nr.	Prøve id :	Total vekt* (g)	KORNSTØRRELSE (mm)										
				22000	19000	16000	8000	4000	2000	1000	500	250	125	63
46	134696	Gangbrua 15 m	1423,8	100,0	100,0	100,0	96,6	88,8	80,3	65,9	35,0	9,2	3,1	1,4
47	134697	Gangbrua 17 m	1722,3	100,0	100,0	100,0	97,5	91,8	78,6	54,7	25,8	9,7	4,2	1,8
48	134698	Gamle kro 0-3 m	1250,6	100,0	100,0	100,0	99,1	93,8	86,3	76,2	60,4	29,8	13,1	5,0
49	134699	Gamle kro 3 - 5 m	1466,0	100,0	100,0	100,0	98,2	90,7	80,7	62,5	41,5	20,5	6,6	2,3
50	134700	Krona 3 m	887,9	100,0	100,0	100,0	100,0	99,8	99,8	99,3	87,7	44,9	10,4	2,4
51	134701	Krona 5 m	795,8	100,0	100,0	100,0	94,5	87,9	78,2	60,2	39,5	23,8	10,3	3,8
52	134702	Krona 7 m	1355,7	100,0	100,0	100,0	99,0	96,0	85,8	63,7	23,9	9,0	3,4	1,0
53	134703	Krona 9 m	1707,6	100,0	100,0	100,0	96,5	87,1	73,1	49,5	18,2	7,6	3,4	1,2
54	134704	Krona 11 m	1264,6	100,0	100,0	100,0	97,5	94,1	88,5	68,8	26,8	10,1	4,8	2,5



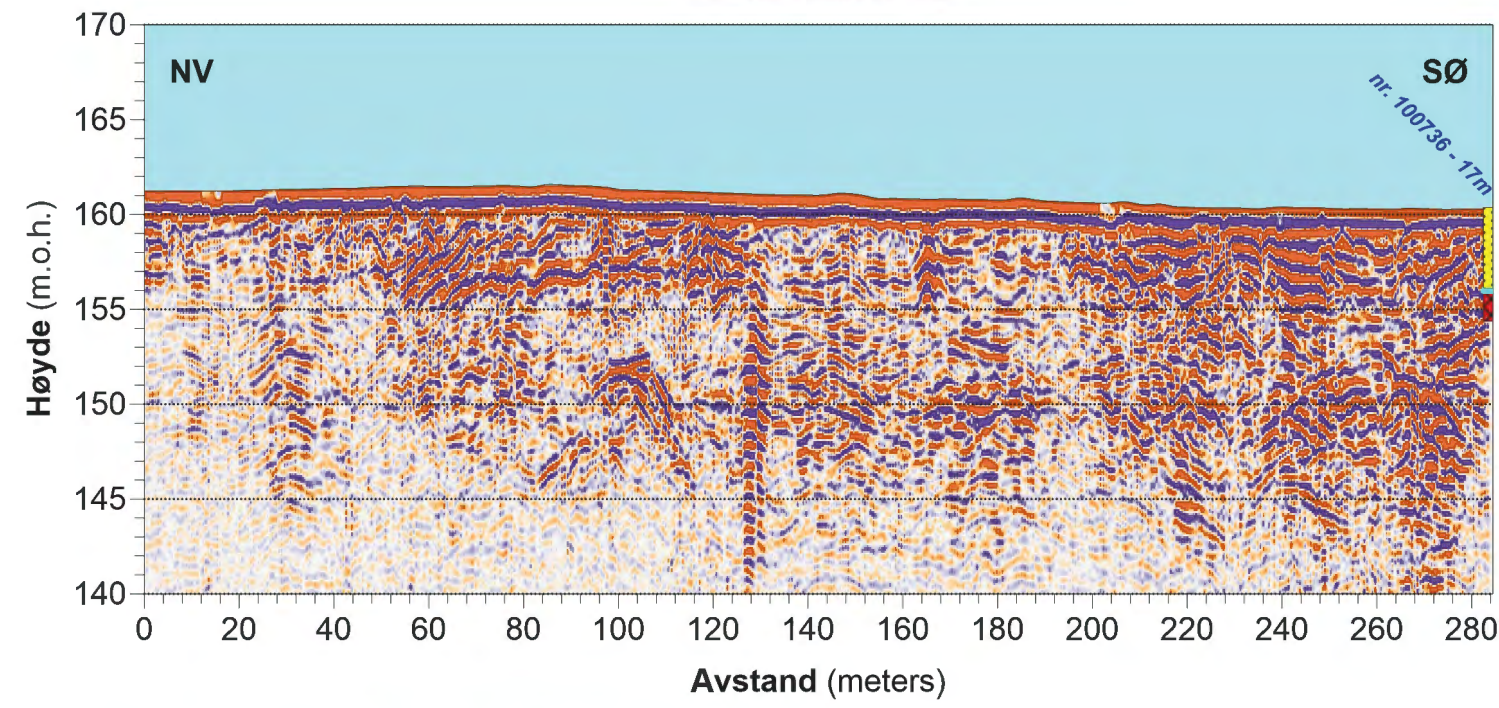




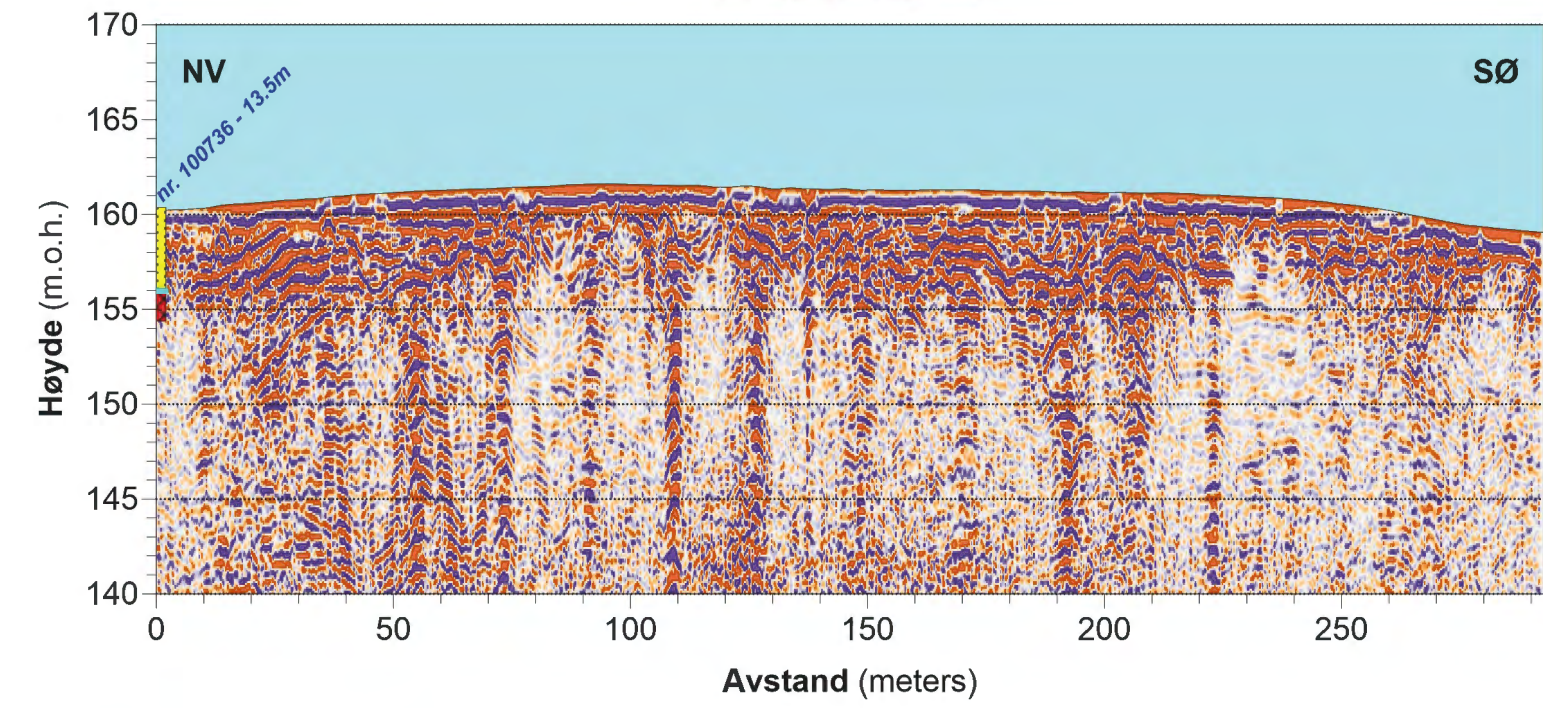
Profil KoNØ-01



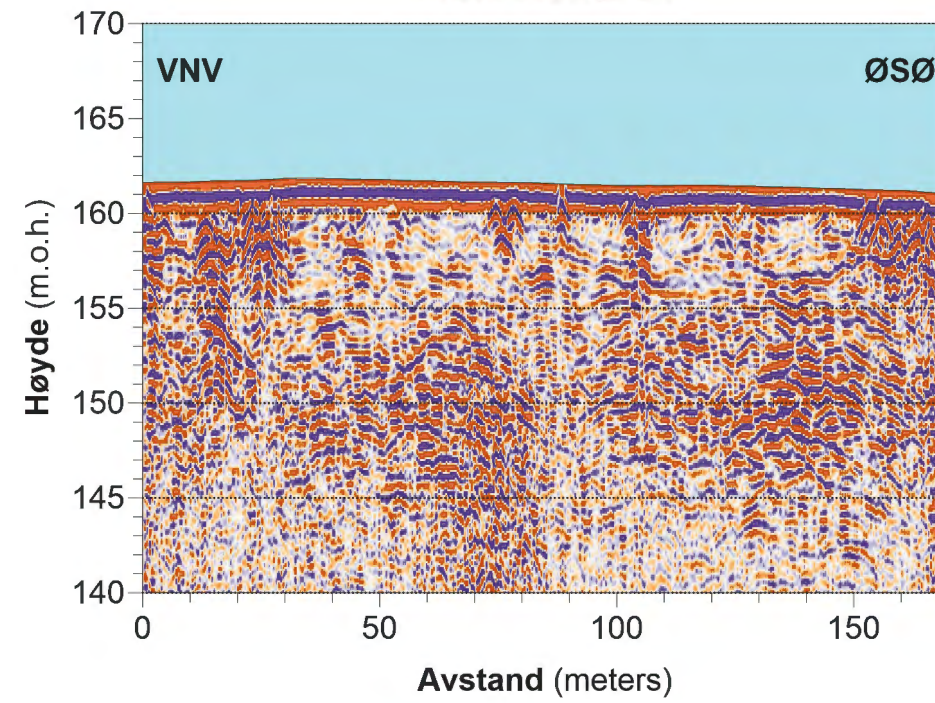
Profil KoNØ-02



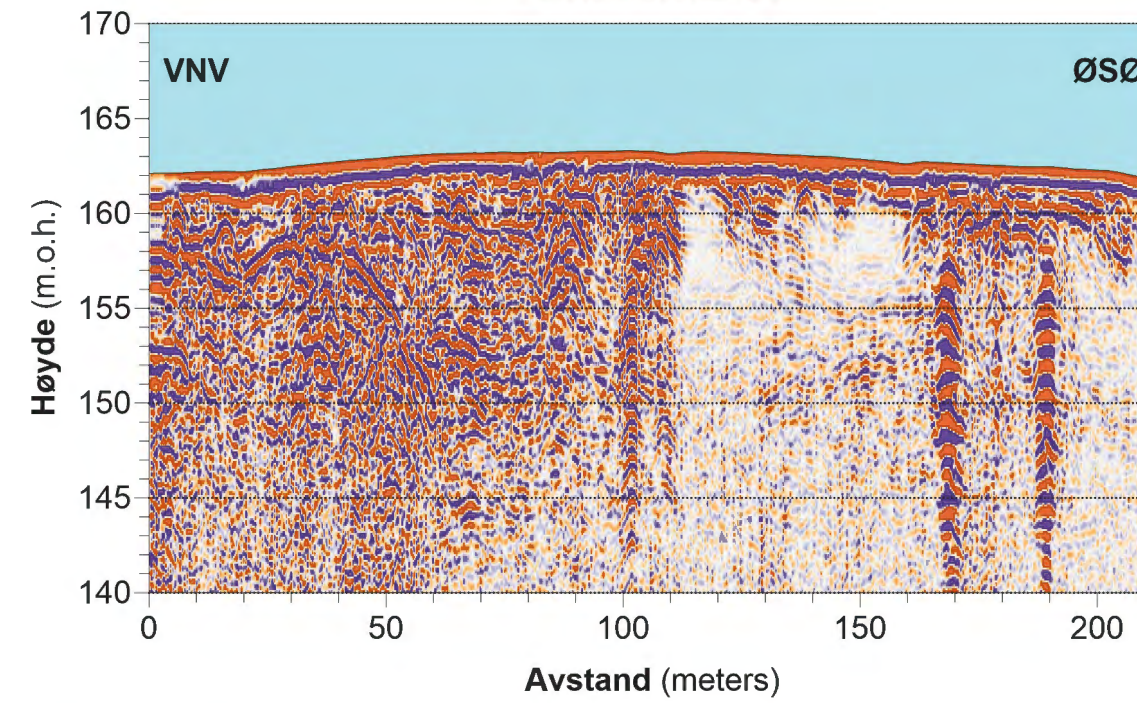
Profil KoNØ-03



Profil KoNØ-04



Profil KoNØ-05



GPR Informasjon

Instrument: Sensors & Software
PulseEKKO PRO

Antennefrekvens: 100 MHz - Perpendicular
Broadside

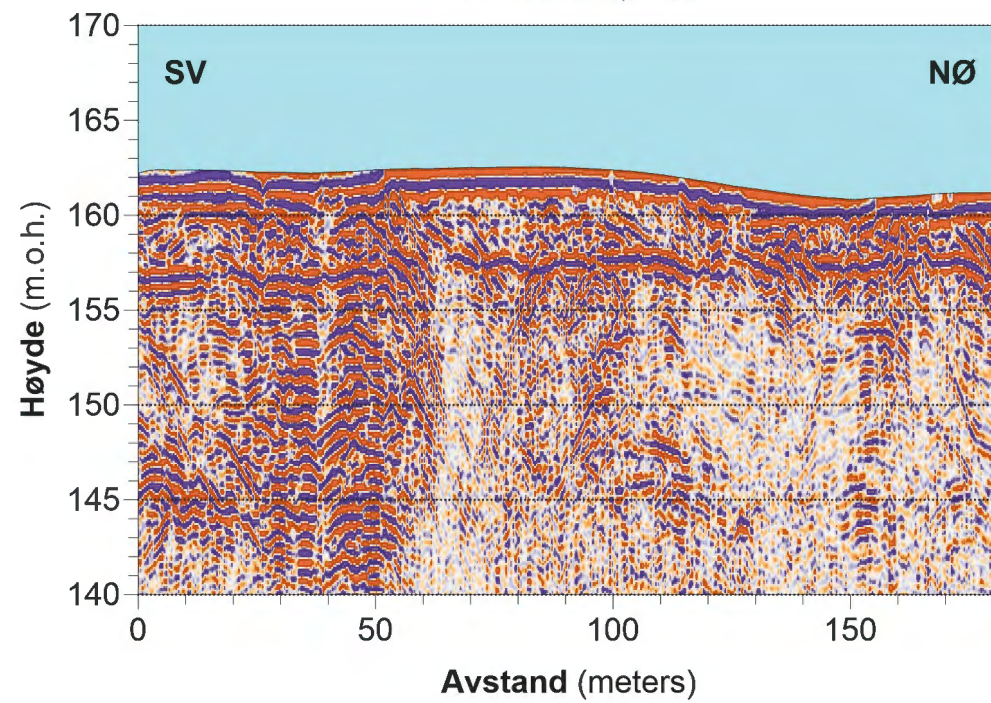
Behandlingsprogram: EKKO_project v.5

Prosessering: Dewow
SEC2 Gain Type
Bandpass/Lowpass Filter

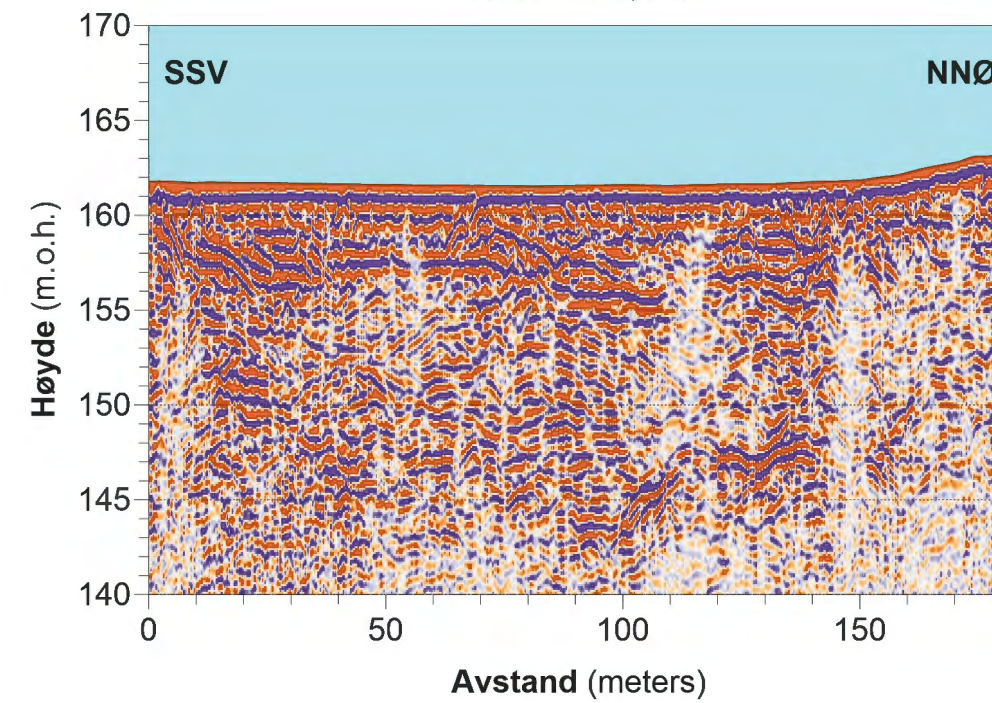
Dybdekonvertering: Hastighet 0.125 m/s

LiDAR Topografi: Kongsberg 2015 - 0.25m
Vertikal Overdrivelse 4

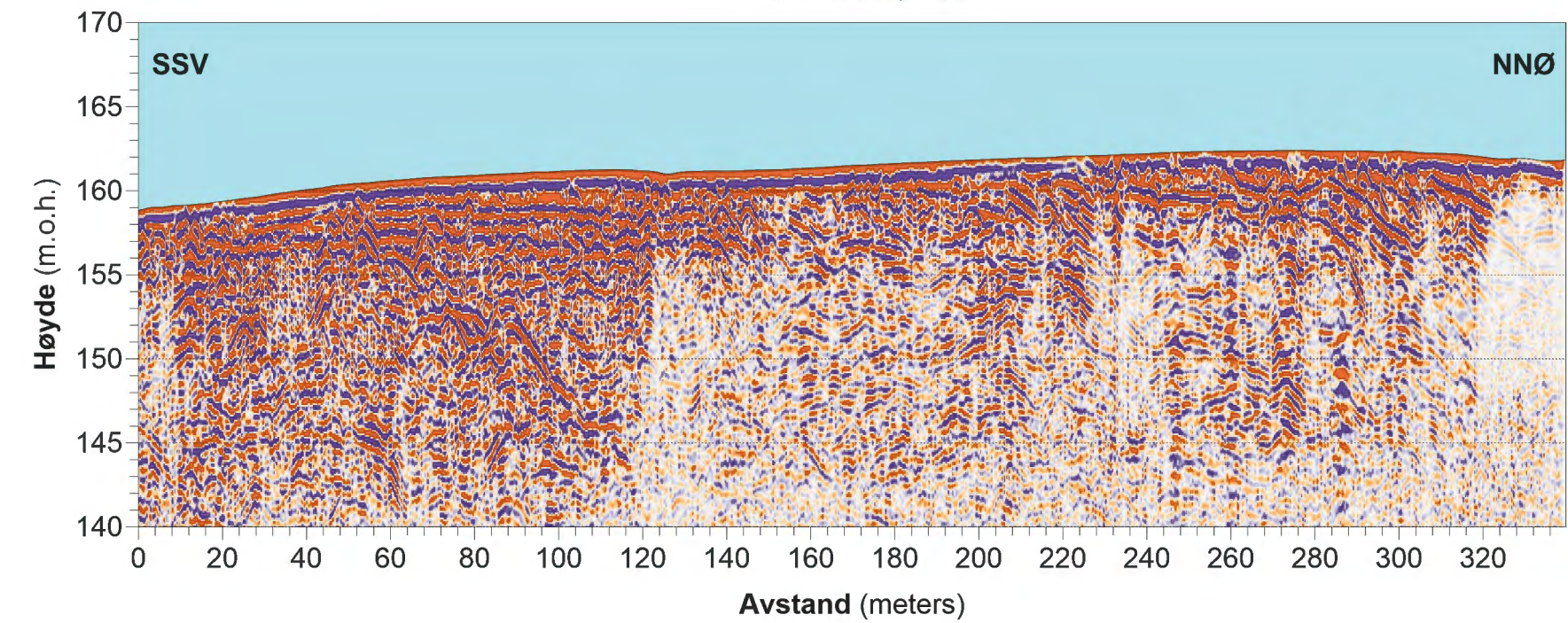
Profil KoNØ-06



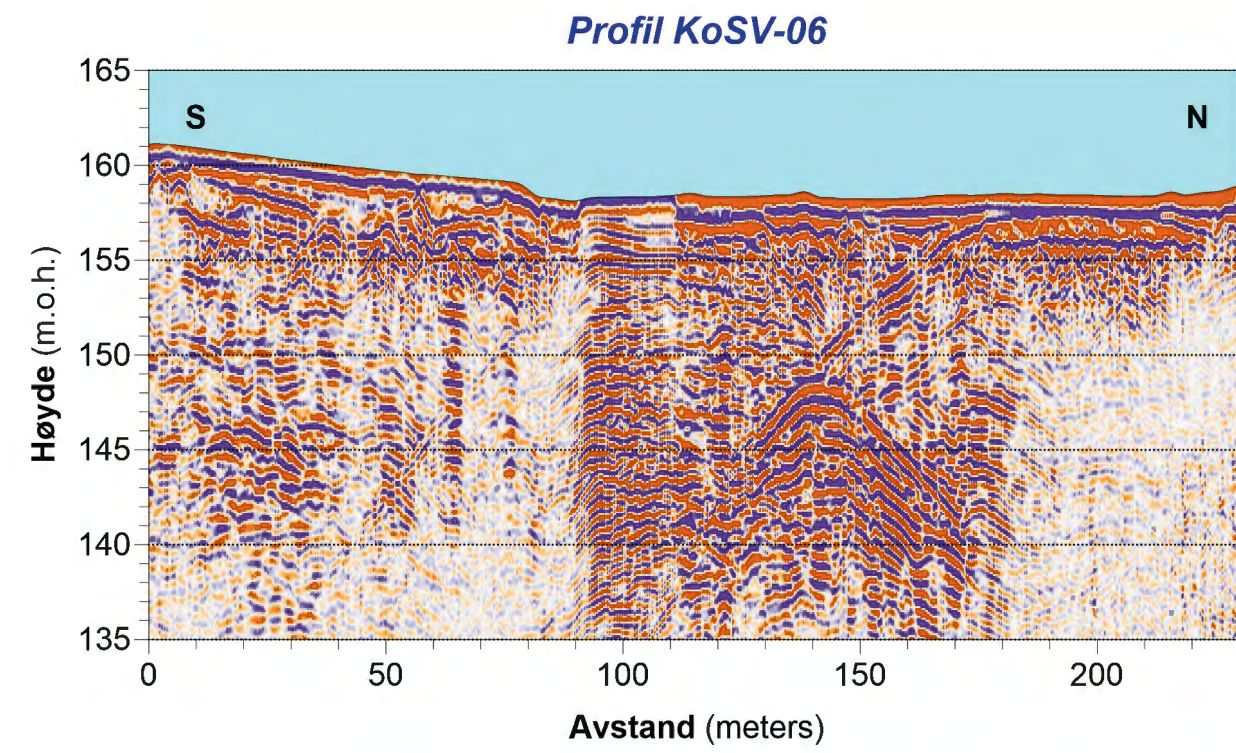
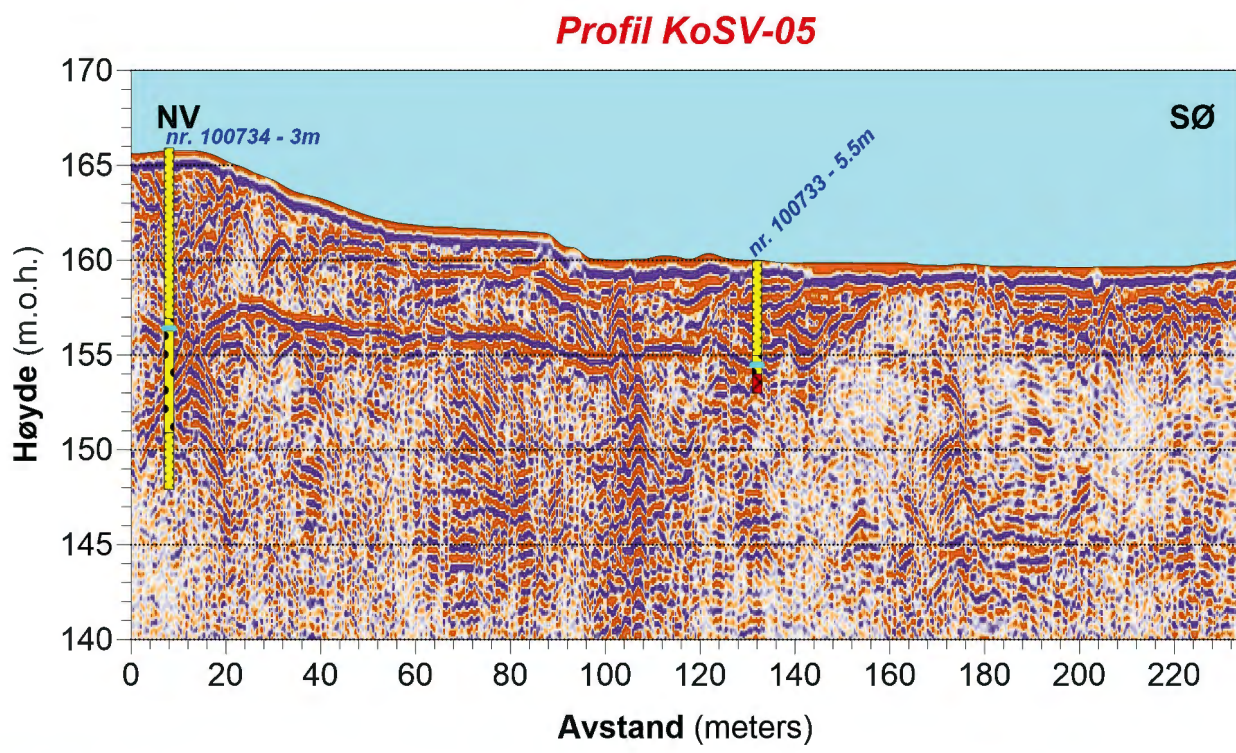
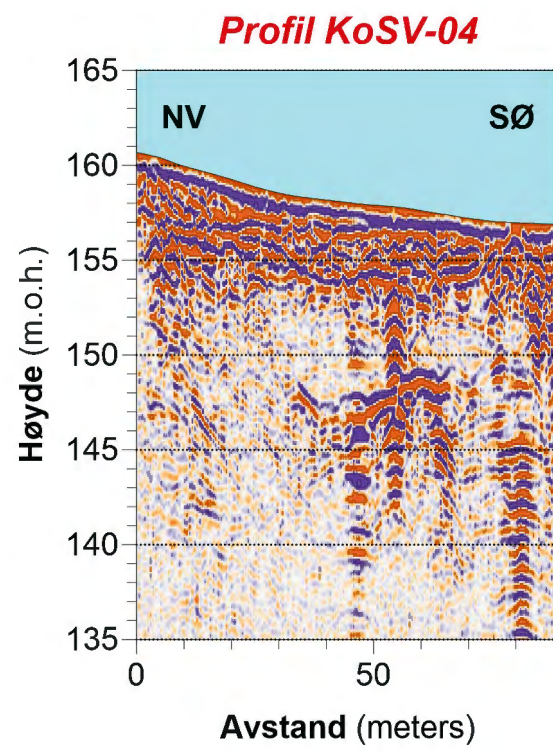
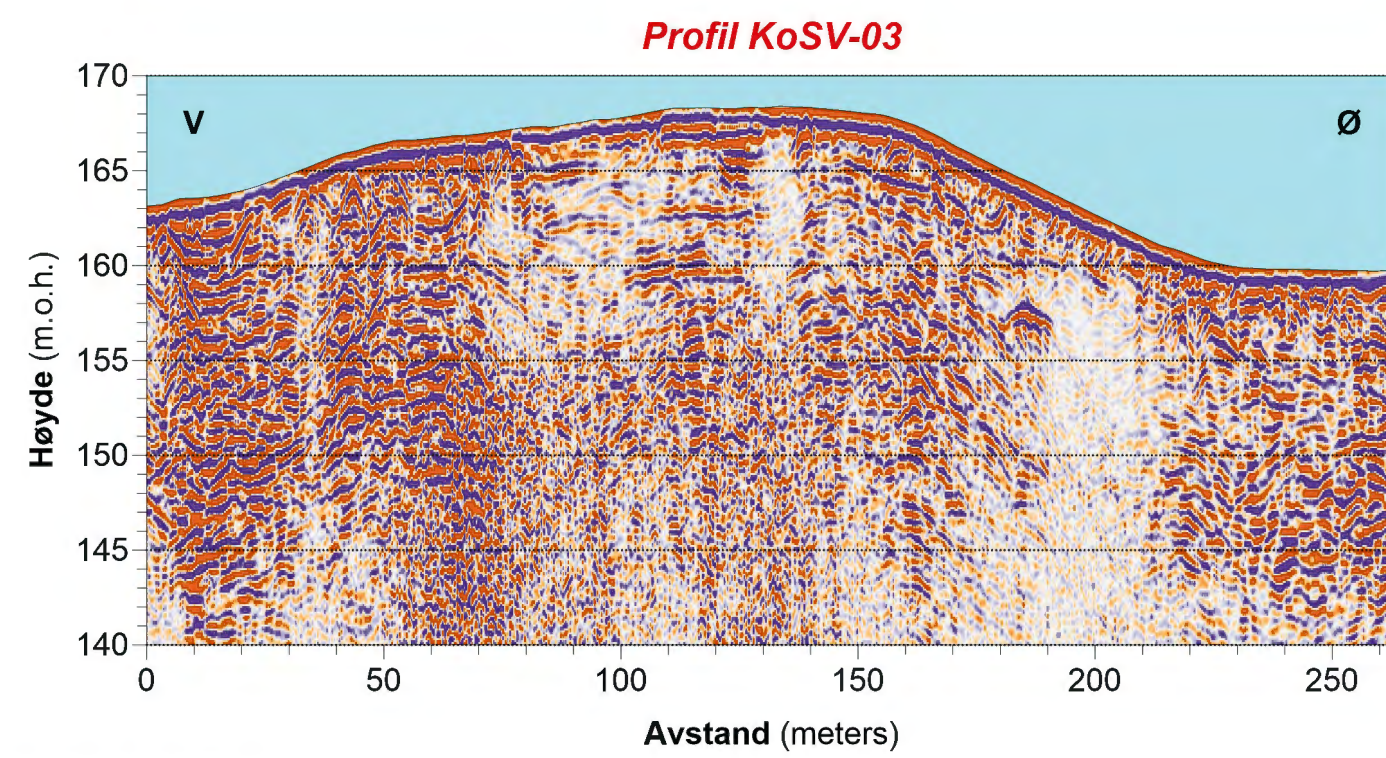
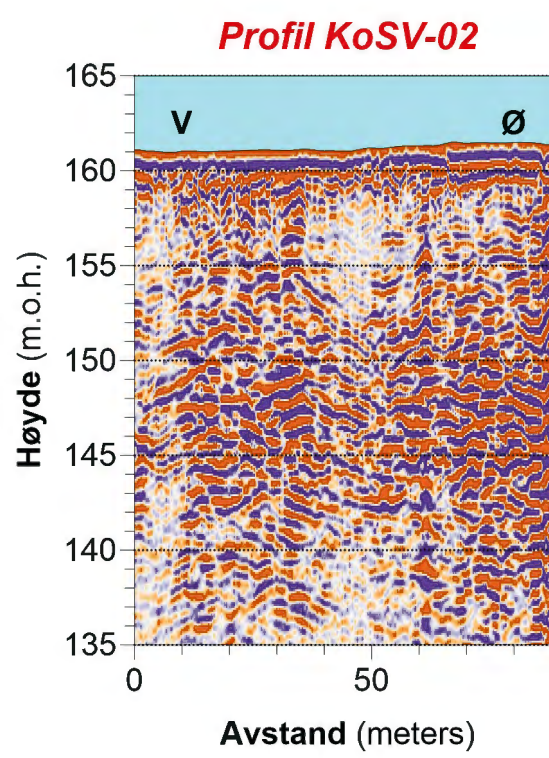
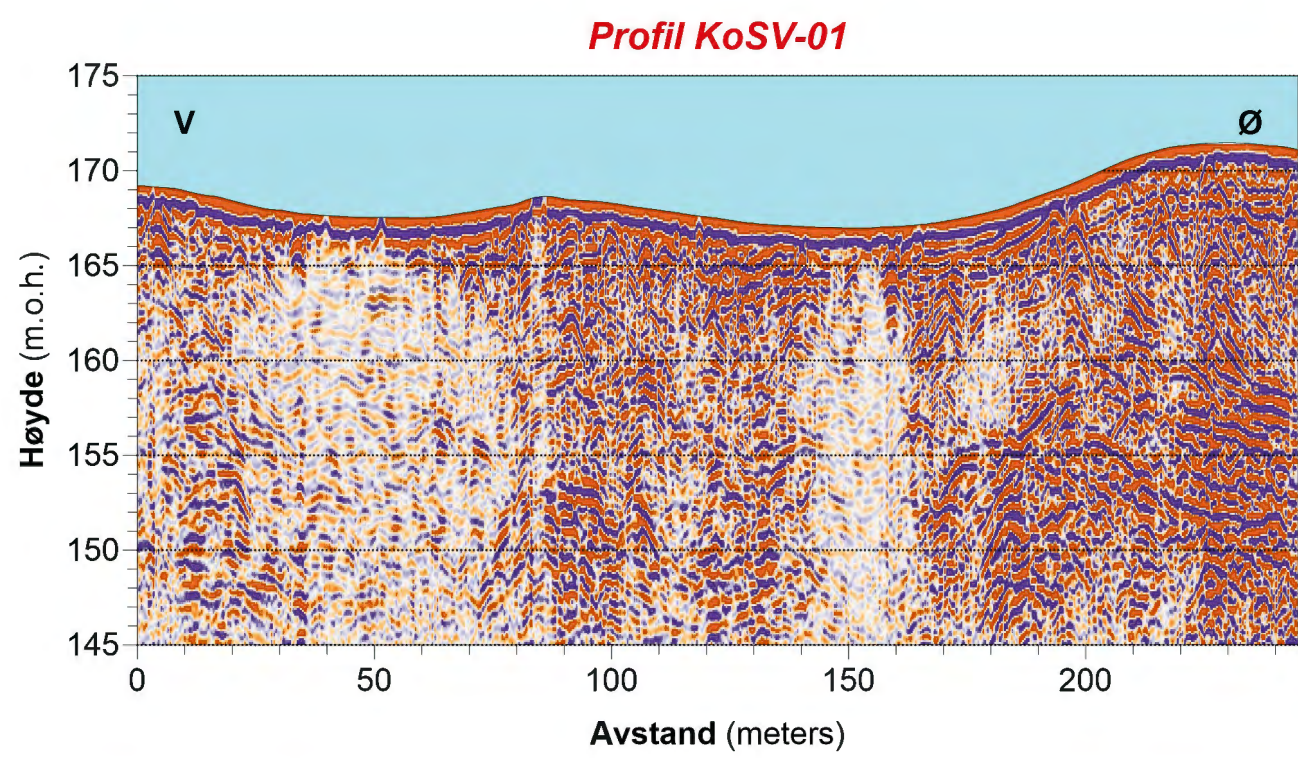
Profil KoNØ-07



Profil KoNØ-08



GPR Profiler Sør-Vest for Kongsberg bysentrum



GPR Informasjon

Instrument: Sensors & Software PulseEKKO PRO

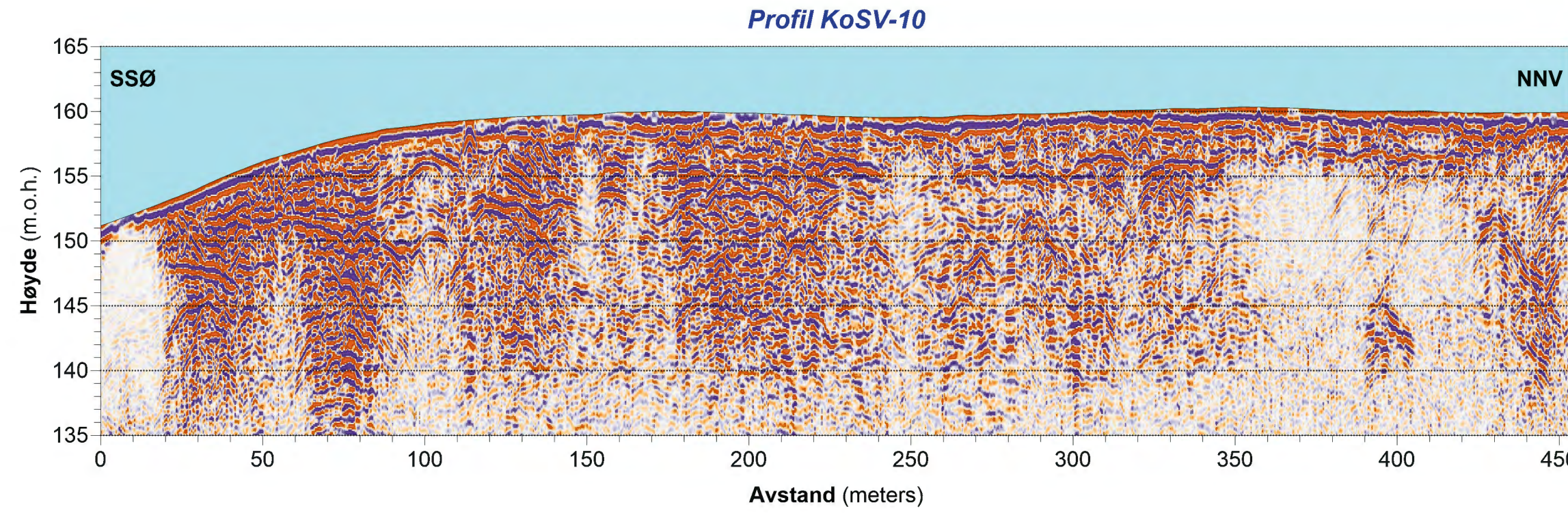
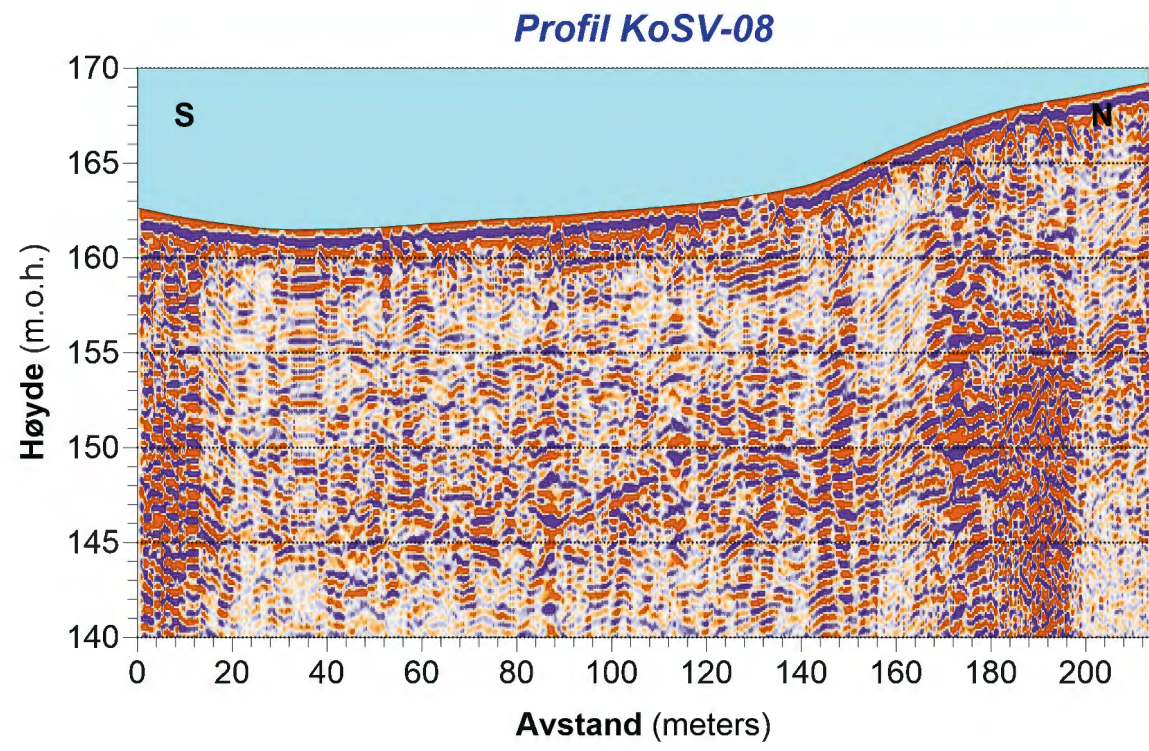
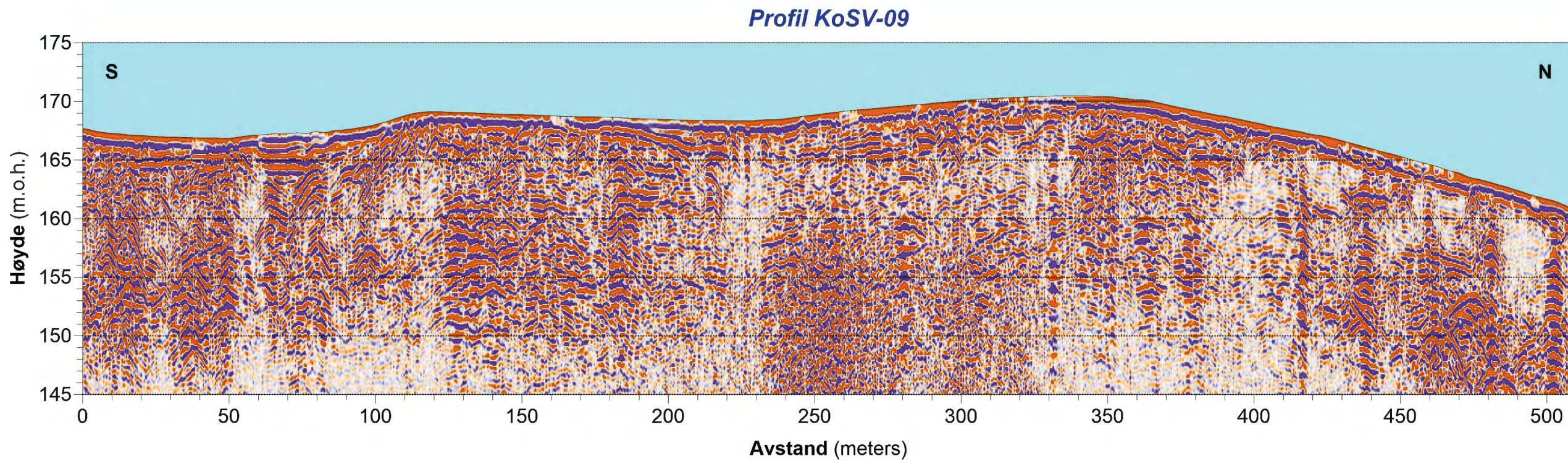
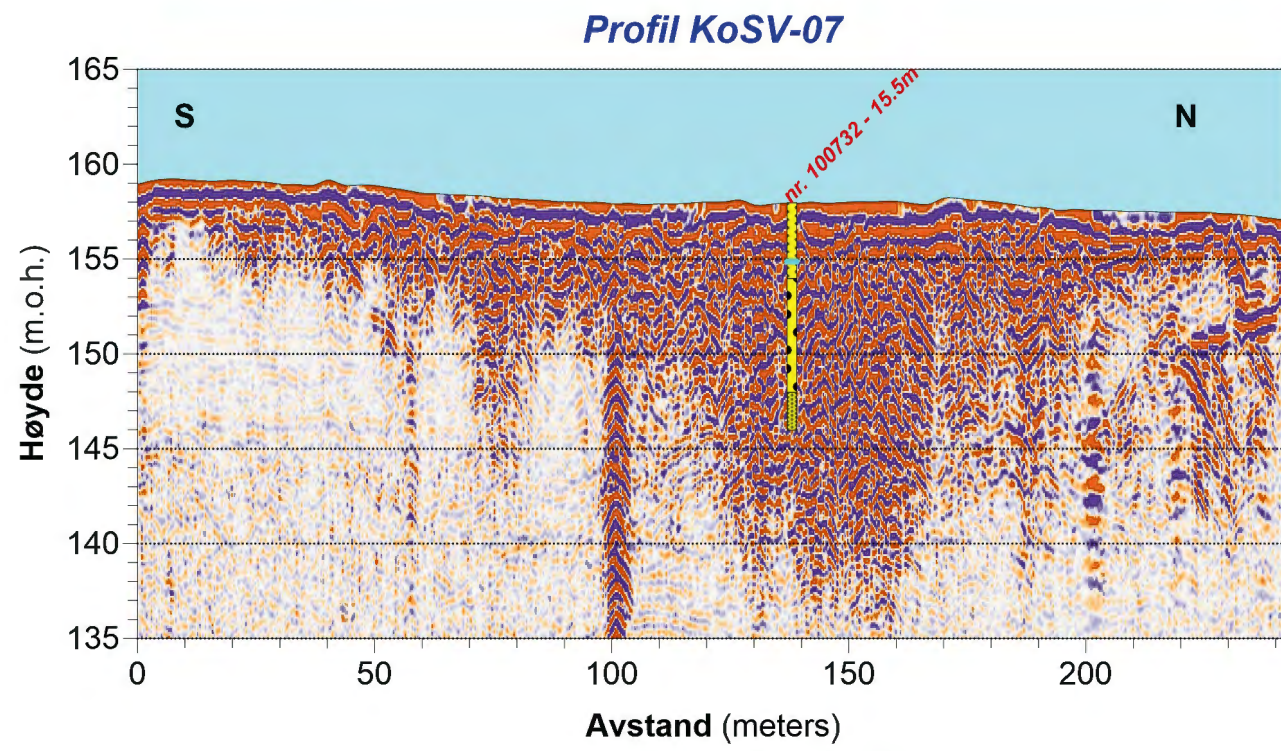
Antennefrekvens: 100 MHz - Perpendicular Broadside

Behandlingsprogram: EKKO_project v.5

Prosessering: Dewow, SEC2 Gain Type, Bandpass/Lowpass Filter

Dybdekonvertering: Hastighet 0.125 m/s

LiDAR Topografi: Kongsberg 2015 - 0.25m Vertikal Overdrivelse 4





NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE
· NGU ·

Norges geologiske undersøkelse
Postboks 6315, Sluppen
7491 Trondheim, Norge

Besøksadresse
Leiv Eirikssons vei 39
7040 Trondheim

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